



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 196 44 121 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
H 01 R 43/02
H 05 K 3/32
B 23 K 26/00
H 01 L 21/60

②1 Aktenzeichen: 196 44 121.8
②2 Anmeldetag: 23. 10. 96
④3 Offenlegungstag: 7. 5. 97

DE 196 44 121 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1
31.10.95 US 558567

⑦1 Anmelder:
Hewlett-Packard Co., Palo Alto, Calif., US

⑦4 Vertreter:
BOEHMERT & BOEHMERT, 80801 München

⑦2 Erfinder:
Akhavain, Mohammad, San Diego, Calif., US;
Azdasht, Ghassem, 14052 Berlin, DE

⑤4 Verfahren zum Verbinden elektrischer Anschlüsse mit elektrischen Kontaktfeldern

⑤7 Diese Anmeldung beschreibt ein Verfahren für die lötfreie elektrische Verbindung von zwei Kontaktelementen unter Verwendung eines Laserlichtstrahls, der mit einem Faseroptiksystem gekoppelt ist, welches das Licht zu dem zu bondenden Punkt führt. Durch den Einsatz des Faseroptiksystems wird der Laserstrahl optimal in thermische Energie umgewandelt, und schlechte Verbindungen aufgrund einer unzureichenden Erwärmung oder eine Zerstörung der Kontakte aufgrund einer Überhitzung sind ausgeschlossen. Das Verfahren ergibt selbst bei kleinsten Kontaktgeometrien schnelle und wiederholbare Verbindungen. Das Verfahren dieser Erfindung ergibt z. B. eine lötfreie Gold/Gold-Druckverbindung von Anschlußleitungen, welche in einem flexiblen Schaltungs-Polymerband, z. B. aus Polyimid, enthalten sind, ohne das Band zu beschädigen. Eine starke lötmittelfreie Gold/Gold-Verbindung kann zwischen einem vergoldeten Kupferanschluß an dem flexiblen Schaltungsband und einem vergoldeten Anschlußfeld an einem Halbleiterchip hergestellt werden, ohne daß in der flexiblen Schaltung ein Fenster vorgesehen werden mußte und ohne das Band zu beschädigen. Ohne das Fenster ist auch kein Abdeckmaterial mehr notwendig, um die Anschlußleitungen in der TAB-Schaltung abzudecken.

DE 196 44 121 A 1

Beschreibung

Diese Anmeldung betrifft den Gegenstand, der in den folgenden US-Patenten offenbart ist:
 US-A-5 442 384, mit dem Titel "Integrated Nozzle Member and TAB Circuit for Inkjet Printhead", und
 5 US-A-5 278 584, mit dem Titel "Ink Delivery System for an Inkjet Printhead".

Die obigen Patente wurden auf die Anmelderin übertragen und sind durch Bezugnahme Bestandteil dieser Anmeldung.

Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein die elektrische Verbindung von zwei Elementen und spezieller die lötfreie Verbindung von zwei Elementen unter Verwendung einer optischen Faser, welche die elektrischen
 10 Elemente in Kontakt hält, während ein Laserstrahl zu der zu verbindenden, oder zu bondenden, Stelle geführt wird.

Thermische Tintenstrahldruckkartuschen arbeiten, indem sie sehr schnell ein kleines Tintenvolumen erhitzen, damit die Tinte verdampft und durch eine von mehreren Öffnungen ausgestoßen wird, um einen Tintentropfen auf ein Aufzeichnungsmedium, wie ein Blatt Papier, zu drucken. Die richtige Folge des Tintenausstoßes von
 15 jeder Düse führt dazu, daß Zeichen oder andere Bilder auf das Papier gedruckt werden, während sich der Druckkopf relativ zu dem Papier bewegt.

Ein Tintenstrahldruckkopf weist allgemein folgende Merkmale auf:

(1) Tintenkanäle zum Zuführen von Tinte von einem Tintenreservoir zu jeder Verdampfungskammer in der Nähe einer Öffnung; (2) eine metallene Düsenplatte oder ein Düsenbauteil, in der die Öffnungen mit dem
 20 erforderlichen Muster ausgebildet sind; und (3) ein Siliziumsubstrat, welches eine Reihe von Dünnschichtwiderständen enthält, wobei ein Widerstand pro Verdampfungskammer vorgesehen ist.

Zum Drucken eines einzelnen Tintentropfens wird ein elektrischer Strom von einer externen Stromversorgung durch einen ausgewählten Dünnschichtwiderstand geschickt. Daraufhin erwärmt sich der Widerstand, worauf
 25 wiederum eine dünne Schicht der angrenzenden Tinte innerhalb einer Verdampfungskammer überhitzt und eine explosionsartige Verdampfung bewirkt wird, derzufolge ein Tintentröpfchen durch eine zugeordnete Öffnung auf das Papier ausgestoßen wird.

In der US-Patentanmeldung, Anmeldeungsnummer 07/862 668, angemeldet am 2. April 1992, mit dem Titel "Integrated Nozzle Member and TAB Circuit for Inkjet Printhead", sind ein neues Düsenbauelement für eine
 30 Tintenstrahldruckkartusche und ein Verfahren zum Herstellen des Düsenbauelementes offenbart. Dieses integrierte Düsen- und TAB-Schaltungsdesign ist den Düsenplatten für Tintenstrahldruckköpfe überlegen, welche aus Nickel bestehen und mittels lithographischer Galvanisierungsverfahren hergestellt sind. Eine Sperrschicht umfaßt Verdampfungskammern, welche jede Öffnung umgeben, und Tintenströmungskanäle, die eine Fluidverbindung zwischen einem Tintenreservoir und den Verdampfungskammern schaffen. In einem flexiblen Band, auf welchem
 35 Spuren ausgebildet sind, werden Düsen oder Öffnungen mittels Exzimer-Laserablation ausgebildet. Auf dem sich ergebenden Düsenbauteil, mit den Öffnungen und den leitenden Spuren, kann dann ein Substrat montiert werden, welches die Heizelemente enthält, die jeder Öffnung zugeordnet werden. Zusätzlich können die Öffnungen ausgerichtet zu den leitenden Spuren auf dem Düsenbauelement ausgebildet werden, so daß die Ausrichtung von Elektroden auf einem Substrat relativ zu den Enden der leitenden Spuren auch die Heizelemente zu den Öffnungen ausrichtet. Die Anschlüsse an den Enden der leitenden Spuren, welche auf der Rückseite des
 40 Düsenbauelementes ausgebildet sind, werden dann mit den Elektroden auf dem Substrat verbunden und sehen Erregungssignale für die Heizelemente vor. Das obige Verfahren ist bekannt als automatisiertes Band-Bonden (TAB; Tape Automated Bonding) einer Tintenstrahldruckkopfanordnung, oder TAB-Kopfanordnung (die im folgenden als "THA" [TAB-Head Assembly] bezeichnet ist).

Eine bestehende Lösung für die Verbindung der leitenden Spuren, welche auf der Rückseite des Düsenbauelementes
 45 ausgebildet sind, mit den Elektroden auf dem Substrat für eine THA erfordert eine flexible TAB-Schaltung mit einem Fenster in dem Kaptonband. Dieses Fenster schafft eine Öffnung für den Bondkopf, wodurch ein direkter Kontakt der Thermode (Einpunkt- oder Gruppen-) mit den TAB-Anschlüssen möglich ist. Der Befestigungsprozeß wird somit ohne direkten Kontakt zwischen der Thermode und dem Kaptonband durchgeführt. Die TAB-Verbindungs-thermode kommt durch dieses Fenster in direkten Kontakt mit den kupfernen TAB-Anschlüssen der flexiblen Schaltung (Flex-Schaltung). Die Thermode sieht die Thermokompressionskraft vor, welche zum Verbinden der leitenden TAB-Anschlüsse mit der Elektrode des Druckkopfs substrats erforderlich ist. Alternativ kann ein Ultraschallverfahren eingesetzt werden, um die leitenden TAB-Anschlüsse mit der Elektrode des Druckkopfs substrats zu verbinden. Dieses Fenster wird dann mit einem Abdeckmaterial gefüllt, um den Schaden für die leitenden Anschlüsse, Kurzschlüsse und Leckströme zu minimieren. Dieses Abdeckmaterial kann in die Düsen fließen und diese verstopfen. Die TAB-Kopfanordnung (THA) ist daher so aufgebaut, daß ein
 55 Spalt von 0,50 bis 0,75 mm zwischen dem Rand der Abdeckung und den Düsen verbleibt. Dies erhöht die Substratgröße um 1 bis 1,5 mm. Das Abdeckmaterial erzeugt auch einen Eindruck (Vertiefung), der aus Sicht der Wartung störend ist und Probleme hinsichtlich der Koplanarität und Zuverlässigkeit erzeugt.

Es wäre daher vorteilhaft, ein Verfahren zu haben, welches kein Fenster in den TAB-Schaltungen benötigt.
 60 Ohne das Fenster ist auch das Abdeckmaterial zum Abdecken der leitenden Anschlüsse in der TAB-Schaltung nicht mehr nötig. Dies wiederum würde zu einer Verminderung der Größe des Chipkörpers oder zu einer erhöhten Anzahl von Düsen bei einem Chip gleicher Größe, einer leichteren Montage, einer erhöhten Ausbeute, einer verbesserten Zuverlässigkeit, einer einfacheren Oberflächenwartung und insgesamt zu geringeren Kosten für Material und Herstellung führen.

Die vorliegende Erfindung sieht ein Verfahren für die lötfreie elektrische Verbindung von zwei Kontaktelementen vor, welche einen Laserlichtstrahl verwendet, der mit einem Faseroptiksystem verbunden ist, welches das Licht zu dem zu verbindenden, oder zu bondenden Punkt lenkt. Durch Einsetzen eines Faseroptiksystems wird der Laserstrahl optimal in thermische Energie umgewandelt, und schlechte Verbindungen aufgrund einer

zu geringen Erwärmung oder eine Beschädigung der Kontakte durch Überhitzen werden ausgeschlossen. Das Verfahren und die Vorrichtung ergeben schnelle, reproduzierbare Verbindungen selbst für die kleinsten Kontaktgeometrien. Das erfindungsgemäße Verfahren ergibt z. B. eine lötfreie Gold/Gold-Kompressionsverbindung von leitenden Anschlüssen, die in einem Polymerband einer flexiblen Schaltung, wie einem Polyimid, enthalten sind, ohne das Band zu beschädigen. Eine starke lötfreie Gold/Gold-Verbindung kann zwischen dem vergoldeten Kupferanschluß des flexiblen Schaltungsbandes und einem vergoldeten Anschlußfeld eines Halbleiterchips hergestellt werden, ohne daß ein Fenster in der flexiblen Schaltung notwendig wäre und ohne daß das Band beschädigt wird.

Mit der Anwendung der vorliegenden Erfindung auf das Verbinden von leitenden Anschlüssen an einer TAB-Schaltung mit dem Siliziumsubstrat eines Tintenstrahl Druckkopfes wird die Notwendigkeit eines Fensters in den TAB-Schaltungen aufgehoben. Ohne das Fenster ist auch das Abdeckungsmaterial zum Abdecken der leitenden Anschlüsse an der TAB-Schaltung nicht mehr nötig. Dies wiederum führt zu einer verminderten Größe des Chipkörpers, oder einer größeren Anzahl von Düsen bei derselben Chipgröße, einer einfacheren Montage, einer höheren Ausbeute, einer verbesserten Zuverlässigkeit, einer leichteren Wartung der Düsen und insgesamt zu einer Verminderung der Kosten für Material und Herstellung.

Während die vorliegende Erfindung zu deren Erläuterung im Zusammenhang mit dem Verbinden von leitenden Anschlüssen an einer TAB-Schaltung mit dem Siliziumsubstrat eines Tintenstrahl Druckkopfes erläutert ist, sind das vorliegende Verfahren und die Vorrichtung zum lötfreien elektrischen Verbinden von zwei Kontaktelementen unter Verwendung eines Laserlichtstrahls, der mit einem Faseroptiksystem gekoppelt ist, auf das Verbinden beliebiger elektrischer Bauteile miteinander anwendbar.

Weitere Vorteile ergeben sich aus der Lektüre der folgenden Offenbarung.

Die vorliegende Erfindung ist im folgenden anhand bevorzugter Ausführungsformen mit Bezug auf die Zeichnungen näher erläutert. Weitere Merkmale und Vorteile ergeben sich aus der folgenden detaillierten Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen in Verbindung mit der Zeichnung, welche beispielhaft die Grundsätze der Erfindung zeigen.

Fig. 1 ist eine perspektivische Darstellung einer Tintenstrahl Druckkartusche gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 2A, 2B, 2C zeigen aneinandergrenzende Abschnitte der Vorderseite der durch automatisiertes Band-Bonden (TAB) hergestellten Druckkopfanordnung (im folgenden mit "TAB-Druckkopfanordnung" bezeichnet), die von der Druckkartusche von Fig. 1 gelöst wurde;

Fig. 3 ist eine perspektivische Ansicht einer vereinfachten Darstellung der Tintenstrahl Druckkartusche von Fig. 1 zu deren Erläuterung;

Fig. 4 ist eine perspektivische Darstellung der Vorderseite der durch automatisiertes Band-Bonden (TAB) hergestellten Druckkopfanordnung (welche im folgenden als "TAB-Kopfanordnung" bezeichnet ist), die von der Druckkartusche von Fig. 3 gelöst wurde;

Fig. 5 ist eine perspektivische Ansicht der Rückseite der TAB-Kopfanordnung von Fig. 4, wobei ein Siliziumsubstrat auf der Anordnung montiert ist und die leitenden Anschlüsse an dem Substrat befestigt sind;

Fig. 6 ist eine geschnittene Seitenansicht längs der Linie A-A in Fig. 5, welche die Befestigung der leitenden Anschlüsse an den Elektroden des Siliziumsubstrats zeigt;

Fig. 7 ist eine perspektivische Draufsicht auf eine Substratstruktur, welche Heizwiderstände, Tintenkanäle und Verdampfungskammern enthält und die an der Rückseite der TAB-Kopfanordnung von Fig. 4 montiert ist;

Fig. 8 zeigt ein Verfahren, welches zum Herstellen der bevorzugten TAB-Kopfanordnung eingesetzt werden kann;

Fig. 9 zeigt ein schematisches Diagramm eines Faser-Stoßverbindungs-Lasersystems, wie es bei der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

Fig. 10 zeigt im Detail die flexible Schaltung, den Kontaktverbindungspunkt, die TAB-Anschlüsse und das Chipfeld;

Fig. 11 zeigt das Temperaturprofil der flexiblen Schaltung, des TAB-Anschlusses, der Bondstelle und des Chipfeldes während des Verbindungsverfahrens mit dem FPC-Laser (fiber push connect faser);

Fig. 12 zeigt die Absorptionseigenschaften über der Wellenlänge für verschiedene Metalle;

Fig. 13 zeigt die optischen Übertragungsergebnisse für fünf Proben des Kaptonbandes, welches mit 2, 5, 10, 15 und 25 nm Chrom bedampft (sputtern) wurde;

Fig. 14 zeigt den Temperaturanstieg in den flexiblen Schaltungen mit Ti/W-Keimschichten;

Fig. 15 zeigt den Temperaturanstieg in den flexiblen Schaltungen mit einer Chrom-Keimschicht;

Fig. 16 zeigt die Temperaturzunahme über der Zeit in einem dreischichtigen Band mit Chrom-Keimschichten unterschiedlicher Dicke;

Fig. 17 zeigt das Ergebnis eines Laser-Bondversuches, um die Laser-Verbindbarkeit einer flexiblen Schaltung zu bewerten.

Während die vorliegende Erfindung zu deren Erläuterung in Bezug auf das Verbinden von leitenden Anschlüssen an einer TAB-Schaltung mit dem Siliziumsubstrat eines Tintenstrahl Druckkopfes beschrieben ist, sind das vorliegende Verfahren und die Vorrichtung für die lötfreie elektrische Verbindung von zwei Kontaktelementen mittels eines Laserlichtstrahls, der mit einem Faseroptiksystem gekoppelt ist, auch für die Verbindung von anderen Arten von elektrischen Bauteilen miteinander anwendbar.

In Fig. 1 ist mit dem Bezugszeichen 10 allgemein eine Tintenstrahl Druckkartusche bezeichnet, welche einen Druckkopf gemäß einer Ausführung der vorliegenden Erfindung beinhaltet, der für die Darstellung vereinfacht wurde. Die Tintenstrahl Druckkopfkartusche 10 weist ein Tintenreservoir 12 und einen Druckkopf 14 auf, wobei der Druckkopf 14 mittels automatisiertem Band-Bonden (TAB) hergestellt ist. Der Druckkopf 14 (im folgenden mit "TAB-Kopfanordnung 14" bezeichnet) weist ein Düsenbauteil 16 mit zwei parallelen Reihen aus versetzten

Löchern oder Öffnungen 17 auf, welche z. B. durch Laserablation in einer flexiblen Schaltung 18 aus einem flexiblen Polymer ausgebildet sind.

Eine Rückseite der flexiblen Schaltung 18 weist leitende Spuren 36 auf, die mittels herkömmlicher photolithographischer Ätz- und/oder Plattierverfahren hergestellt sind. Diese leitenden Spuren 36 sind mit großen Kontaktfeldern 20 abgeschlossen, welche für die Verbindung mit einem Drucker ausgelegt sind. Die Druckkartusche 10 ist so gestaltet, daß sie derart in einem Drucker installiert werden kann, daß die Kontaktfelder 20 auf der Vorderseite der flexiblen Schaltung 18 die Elektroden des Druckers kontaktieren, welche extern erzeugte Erregungssignale für den Druckkopf vorsehen. Bondbereiche 22 und 24 in der flexiblen Schaltung 18 liegen dort, wo die leitenden Spuren 36 mit den Elektroden auf einem Siliziumsubstrat, welches Heizwiderstände enthält, verbunden werden.

Bei der Druckkartusche 10 von Fig. 1 wird die flexible Schaltung 18 über die hintere Kante der "Schnauze" der Druckkartusche gebogen und erstreckt sich ungefähr über die halbe Länge der Rückwand 25 der Schnauze. Dieser Klappenteil der flexiblen Schaltung 18 wird für die Führung der leitenden Spuren 36 benötigt, welche durch das Fenster 22 am entfernten Ende mit den Elektroden des Substrats verbunden werden. Die Kontaktfelder 20 liegen auf der flexiblen Schaltung 18, die an dieser Wand befestigt ist und die leitenden Spuren 36 werden über den umgebogenen Teil geführt und mit den Elektroden des Substrats durch die Fenster 22, 24 in der flexiblen Schaltung 18 verbunden.

Fig. 2 zeigt eine Stirnansicht der TAB-Kopfanordnung 14 von Fig. 1, welche von der Druckkartusche 10 gelöst wurde, bevor die Fenster 22 und 24 in der TAB-Kopfanordnung 14 mit einer Abdeckung gefüllt wurden. Bei der TAB-Kopfanordnung 14 ist an der Rückseite der flexiblen Schaltung 18 ein Siliziumsubstrat 28 (nicht gezeigt) befestigt, welches mehrere einzeln erregbare Dünnschichtwiderstände enthält. Jeder Widerstand liegt im wesentlichen hinter einer einzelnen Öffnung 17 und wirkt als ein Ohm'sches Heizelement, wenn er selektiv von einem oder mehreren Impulsen erregt wird, welche nacheinander oder gleichzeitig an eines oder mehrere Kontaktfelder 20 angelegt werden.

Die Öffnungen 17 und die leitenden Spuren 36 können beliebige Größen, Tests und Muster aufweisen, und die verschiedenen Figuren dienen dazu, die Merkmale der Erfindung einfach und klar zu zeigen. Die relativen Abmessungen der verschiedenen Merkmale wurden der Klarheit halber stark verändert.

Das Muster der Öffnungen 17 auf der flexiblen Schaltung 18, welches in Fig. 2 gezeigt ist, kann durch Maskierungsverfahren in Kombination mit einem Laser oder einer anderen Ätzvorrichtung in einem Repetierverfahren durchgeführt werden, was für den Durchschnittsfachmann auf diesem Gebiet nach der Lektüre dieser Offenbarung sicher verstanden wird. Fig. 14, welche später im einzelnen beschrieben wird, zeigt zusätzliche Einzelheiten dieses Prozesses. Weitere Details bezüglich der TAB-Kopfanordnung 14 und der flexiblen Schaltung 18 sind unten angegeben.

Fig. 3 zeigt eine perspektivische Ansicht eines vereinfachten Diagramms der Tintenstrahldruckkartusche von Fig. 1 zu deren Erläuterung. Fig. 4 zeigt eine perspektivische Ansicht der Vorderseite der durch automatisiertes Band-Bonden (TAB) hergestellten Druckkopfanordnung (im folgenden mit "TAB-Kopfanordnung" bezeichnet), welche von der in Fig. 3 vereinfachten schematisch gezeigten Druckkartusche gelöst wurde.

Fig. 5 zeigt die Rückseite der TAB-Kopfanordnung 14 von Fig. 4, wobei man sieht, daß der Siliziumkörper (die) oder das Substrat 28 an der Rückseite der flexiblen Schaltung 18 montiert ist, und wobei ferner ein Rand der Grenzschicht 30 gezeigt ist, welche auf dem Substrat 28, das die Tintenkanäle und Verdampfungskammern enthält, ausgebildet ist. Fig. 7 zeigt diese Grenzschicht 30 mit weiteren Einzelheiten, und sie wird später erörtert. Längs des Randes der Grenzschicht 30 sind Eingänge zu den Tintenkanälen 32 gezeigt, welche Tinte von dem Tintenreservoir 12 aufnehmen. Die leitenden Spuren 36, die auf der Rückseite der flexiblen Schaltung 18 ausgebildet sind, enden bei Kontaktfeldern 20 (in Fig. 4 gezeigt) auf der entgegengesetzten Seite der flexiblen Schaltung 18, bei der Position 38. Die Bondflächen 22 und 24 liegen dort, wo die leitenden Spuren 36 und die Elektroden 40 des Substrats (in Fig. 6 gezeigt) mittels eines Laserlichtstrahls gemäß der vorliegenden Erfindung verbunden werden, der mit einem Faseroptiksystem gekoppelt ist, welches das Licht zu der zu verbindenden, oder bondenden Stelle führt.

Fig. 6 zeigt eine geschnittene Seitenansicht längs der Linie A-A in Fig. 5, wobei man die Verbindung der Enden der leitenden Spuren 36 mit den auf dem Substrat 28 ausgebildeten Elektroden 40 erkennen kann. Wie in Fig. 6 gezeigt, wird ein Teil 42 der Grenzschicht 30 dazu verwendet, die Enden der leitenden Spuren 36 gegenüber dem Substrat 28 zu isolieren. Ebenfalls in Fig. 6 gezeigt ist eine Seitenansicht der flexiblen Schaltung 18, der Grenzschicht 30, der Bondbereiche 22 und 24 und der Eingänge zu den verschiedenen Tintenkanälen 32. Tintentröpfchen 46 sind gezeigt, welche bei den Düsenlöchern ausgestoßen werden, die den Tintenkanälen 32 zugeordnet sind.

Fig. 7 ist eine perspektivische Vorderansicht des Siliziumsubstrats 28, welches an der Rückseite der flexiblen Schaltung 18 von Fig. 5 befestigt ist, um die TAB-Kopfanordnung 14 zu bilden. Auf dem Siliziumsubstrat 28 sind mittels herkömmlicher photolithographischer Verfahren zwei Reihen oder Spalten aus Dünnschichtwiderständen 70 ausgebildet, welche in Fig. 7 durch die Verdampfungskammern 72, welche in der Grenzschicht 30 ausgebildet sind, freigelegt dargestellt sind.

Bei einer Ausführungsform ist das Substrat 28 ungefähr einen halben Inch (1,27 cm) lang und enthält 300 Heizwiderstände 70, womit eine Auflösung von 600 Punkten pro Inch (dpi) möglich wird. Die Heizwiderstände 70 können durch eine andere Art von Tintenausstoßelement ersetzt werden, wie ein piezoelektrisches pumpenartiges Element oder jedes andere übliche Element. Das Element 70 in den verschiedenen Figuren könnte somit bei einer alternativen Ausführungsform auch ein piezoelektrisches Element sein, ohne damit den Betrieb des Druckkopfes zu verändern. Auf dem Substrat 28 sind ferner Elektroden 74 ausgebildet, die mit den leitenden Spuren 36 (welche gestrichelt dargestellt sind) verbunden werden sollen, die auf der Rückseite der flexiblen Schaltung 18 ausgebildet sind. Ein Demultiplexer (Entschachteler) 78, der in Fig. 7 durch den gestrichelten

Umriß dargestellt ist, wird ebenfalls auf dem Substrat 28 ausgebildet, um die ankommenden Multiplex-Signale, welche an die Elektroden 74 angelegt werden, zu entschachteln und diese Signale an die verschiedenen Dünnschichtwiderstände 70 zu verteilen. Der Demultiplexer 78 erlaubt es, weniger Elektroden 74 als Dünnschichtwiderstände 70 zu verwenden. Mit weniger Elektroden können alle Verbindungen zu dem Substrat von der kurzen Stirnseite des Substrats aus gemacht werden, wie in Fig. 4 gezeigt, so daß diese Verbindungen den Tintenstrom bei den längeren Seiten des Substrats nicht stören. Der Demultiplexer 78 kann einen Dekoder zum Decodieren codierter Signale sein, welche an die Elektrode 74 angelegt werden. Der Demultiplexer hat Eingangsanschlüsse (der Einfachheit halber nicht gezeigt), welche mit den Elektroden 74 verbunden sind, und Ausgangsanschlüsse (nicht gezeigt), welche mit den verschiedenen Widerständen 70 verbunden sind. Der Demultiplexerschaltkreis 78 ist weiter unten mit weiteren Einzelheiten erörtert.

Ebenfalls auf der Oberfläche des Substrats 28 ist mit herkömmlichen photolithographischen Verfahren die Grenzschicht 30 ausgebildet, die eine Schicht aus einem Photoresist oder einem anderen Polymer sein kann, in der die Verdampfungskammern 72 und die Tintenkanäle 80 ausgebildet sind. Ein Teil 42 der Grenzschicht 30 isoliert die leitenden Spuren 36 zu dem darunterliegenden Substrat 28, wie zuvor mit Bezug auf Fig. 4 erläutert wurde.

Um die obere Oberfläche der Grenzschicht 30 auf der Rückseite der in Fig. 5 gezeigten flexiblen Schaltung 18 zu befestigen, wird eine dünne Klebschicht 84 (nicht gezeigt), wie eine nicht ausgehärtete Schicht aus Polyisopren-Photoresist, auf die Oberseite der Grenzschicht 30 aufgebracht. Eine getrennte Klebschicht ist dann nicht nötig, wenn die Oberseite der Grenzschicht 30 auf andere Weise klebend gemacht werden kann. Die sich ergebende Substratstruktur wird dann relativ zu der Rückseite der flexiblen Schaltung 18 positioniert, um die Widerstände 70 zu den in der flexiblen Schaltung 18 ausgebildeten Öffnungen auszurichten. Bei diesem Ausrichten werden inhärent auch die Elektroden 74 zu den Enden der leitenden Spuren 36 ausgerichtet. Die Spuren 36 werden dann auf die Elektroden 74 gebondet. Dieser Ausricht- und Verbindungsprozeß wird mit Bezug auf Fig. 8 noch genauer beschrieben. Die ausgerichtete und verbundene Struktur aus dem Substrat und der flexiblen Schaltung wird dann unter gleichzeitiger Anwendung von Druck erwärmt, um die Klebschicht 84 auszuhärten und die Substratstruktur fest an der Rückseite der flexiblen Schaltung 18 zu befestigen.

Fig. 8 zeigt ein Verfahren zum Herstellen der TAB-Kopfanzordnung 14. Das Ausgangsmaterial ist ein Kapton- oder Upilex-Polymerband 104, obwohl das Band 104 aus jedem geeigneten Polymerfilm bestehen kann, der die richtigen Eigenschaften für das unten beschriebene Verfahren hat. Einige solcher Filme können Teflon, Polyamid, Polymethylmethacrylat, Polycarbonat, Polyester, Polyamid-Polyethylenterephthalat oder Mischungen daraus aufweisen.

Das Band 104 wird üblicherweise in langen Streifen auf einer Spule 104 geliefert. Führungslöcher 106 längs der Seiten des Bandes 104 dienen dazu, das Band 104 präzise und sicher zu transportieren. Bei einer Alternative können die Führungslöcher 106 weggelassen werden, und das Band kann mit einer anderen Art der Befestigung transportiert werden.

Bei der bevorzugten Ausführungsform weist das Band 104 bereits leitende Kupferspuren 36 auf, wie in den Fig. 2, 4 und 5 gezeigt, welche mittels herkömmlicher Metallablagerungs- und Galvanisierungsverfahren darauf ausgebildet werden. Das spezielle Muster der leitenden Spuren hängt von der Art ab, wie die elektrischen Signale zu den Elektroden verteilt werden sollen, welche auf den Siliziumkörpern ausgebildet sind, die nachfolgend auf dem Band 104 montiert werden.

Bei dem bevorzugten Verfahren wird das Band 104 zu einer Laserverarbeitungskammer transportiert, und ein mit einer oder mehreren Masken 108 definiertes Muster wird mittels Laserstrahlung 110 durch die Laserablation hergestellt, wobei z. B. ein Exzimer-Laser 112 verwendet werden kann. Die maskierte Laserstrahlung ist mit Pfeilen 114 dargestellt.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform definieren solche Masken 108 alle durch Ablation abgetragenen Merkmale für einen großen Bereich des Bandes 104, einschließlich z. B. mehreren Öffnungen im Falle einer Düsenmustermaske 108 und mehrere Verdampfungskammern im Falle einer Verdampfungskammernmustermaske 108.

Das Lasersystem für dieses Verfahren umfaßt im allgemeinen eine Strahlzuführoptik, eine Ausrichtoptik, ein hochgenaues Hochgeschwindigkeits-Maskenpendelsystem und eine Verarbeitungskammer mit einem Mechanismus zum Handhaben und Positionieren des Bandes 104. Bei der bevorzugten Ausführungsform verwendet das Lasersystem eine Projektionsmaskenkonfiguration, bei der eine Präzisionslinse 115, welche zwischen die Maske 108 und das Band 104 eingefügt wird, das Licht des Exzimer-Lasers auf das Band 104 als Bild des Musters projiziert, welches von der Maske 108 eingegrenzt wird. Die maskierte Laserstrahlung, welche aus der Linse 115 austritt, wird durch Pfeile 116 wiedergegeben. Eine solche Projektionsmaskenkonfiguration ist für hochgenaue Düsendimensionen vorteilhaft, weil die Maske physisch von dem Düsenbauteil entfernt ist. Nach der Laserablation wird das Polymerband 104 einen Schritt weiterbewegt, und der Prozeß wird wiederholt.

Der nächste Schritt in dem Prozeß ist ein Reinigungsschritt, bei dem der mit dem Laser abgetragene Teil des Bandes 104 unter einer Reinigungsstation 117 positioniert wird. Bei der Reinigungsstation 117 werden Reste der Laserablation standardmäßig entfernt, wie das in der Industrie die Praxis ist.

Das Band 104 wird dann zur nächsten Station weiterbewegt, die eine optische Ausrichtstation 118 ist, die in einer konventionellen automatisierten TAB-Bondeinrichtung eingegliedert ist, wie einer Innenanschluß-Bondeinrichtung, welche kommerziell von Shinkawa Corporation als Model-Nr. ILT-75 erhältlich ist. Die Bondeinrichtung ist mit einem Ausricht-(Ziel-)Muster für das Düsenbauteil vorprogrammiert, welches auf dieselbe Weise und/oder in demselben Schritt erzeugt wird, der zum Erzeugen der Öffnungen verwendet wird, sowie mit einem Zielmuster für das Substrat, welches auf dieselbe Weise und/oder in demselben Schritt erzeugt wird, der zum Erzeugen der Widerstände dient. Bei der bevorzugten Ausführungsform ist das Material für das Düsenbauteil durchsichtig, so daß das Zielmuster auf dem Substrat durch das Düsenbauteil hindurch gesehen werden kann.

Die Bondvorrichtung positioniert dann automatisch die Siliziumkörper 120 relativ zu den Düsenbauteilen, um die beiden Zielmuster zueinander auszurichten. Die TAB-Bondvorrichtung von Shinkawa weist eine solche Ausrichtfunktion auf. Das automatische Ausrichten des Zielmusters des Düsenbauteils zu dem Sollmuster des Substrats richtet nicht nur die Öffnungen präzise zu den Widerständen aus, sondern inhärent werden auch die Elektroden auf dem Körper 120 zu den Enden der in dem Band 104 ausgebildeten leitenden Spuren ausgerichtet, weil die Spuren und die Öffnungen in dem Band 104 zueinander ausgerichtet sind, und die Substratelektroden und die Heizwiderstände werden auf dem Substrat ausgerichtet. Somit sind alle Muster auf dem Band 104 und auf dem Siliziumkörper 120 zueinander ausgerichtet, wenn einmal die beiden Zielmuster ausgerichtet sind.

Das Ausrichten der Siliziumkörper 120 relativ zu dem Band 104 wird somit automatisch durchgeführt, indem nur kommerziell erhältliche Einrichtungen verwendet werden. Durch Integrieren der leitenden Spuren in das Düsenbauteil wird diese Ausrichtungsfunktion möglich. Die Integration vermindert somit nicht nur die Montagekosten des Druckkopfes, sondern sie senkt auch die Materialkosten für den Druckkopf.

Die automatisierte TAB-Bondvorrichtung verwendet dann ein Gruppenbondverfahren, um die leitenden Spuren mit den zugeordneten Substratelektroden zu verbinden. Grundsätzlich werden höhere Bondtemperaturen bevorzugt, um die Bondzeit zu senken, höhere Bondtemperaturen machen jedoch die flexible Schaltung weich und verursachen eine etwas stärkere Deformation des Kaptonbandes. Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn die Temperatur am Kontaktpunkt höher ist als die Temperatur bei der Kaptonbandschicht. Dieses optimale Kontakttemperaturprofil kann erreicht werden, indem ein Faserstoßverbindungs(FPC; Fiber Push Connect)-Einpunkt-Laserbondverfahren eingesetzt wird. Die FPC (Faserstoßverbindung) in Verbindung mit einer fensterlosen TAB-Schaltung schafft eine ideale Lösung für die TAB-Kopfanordnung für Druckköpfe für einen Tintenstrahldrucker.

Eine schematische Darstellung eines FPC-Lasersystems 200 ist in Fig. 9 gezeigt. Dieses System besteht aus einem Nd YAG- oder Diodenlaser 202, der mit einer optischen Faser 204 aus Glas (SiO_2) ausgestattet ist. Das System führt den Laserstrahl zu dem Kontakt- oder Befestigungspunkt 206 über die optische Glasfaser 204. Eine optimale thermische Kopplung wird erreicht, indem die beiden Teile mit Hilfe der Faser 204 zusammengedrückt werden, wodurch zwischen dem TAB-Anschluß 208 und dem Kontaktfeld 210 des Körpers ein Kontaktpunkt von null und somit eine verbesserte thermische Effizienz erzeugt wird. Fig. 10 zeigt die flexible Schaltung 18, den Kontaktpunkt 206, den TAB-Anschluß 208 und das Anschlußfeld 210 des Körpers mit weiteren Einzelheiten.

Wieder mit Bezug auf Fig. 9: Eine Temperaturregierungsschleife oder -Feedbackschleife wird mittels eines Infrarot-Detektors 212 durch die Glasfaser erzielt. Das Temperatur- oder Absorptionsverhalten in Reaktion auf die IR-Strahlung, welche bei dem Kontaktpunkt 206 von den Kontaktelementen 208, 210 reflektiert wird, wird erfaßt. Der ausgesandte Laserstrahl 220 von der Laserquelle 202 geht durch einen halbdurchlässigen Spiegel oder Strahlenteiler 214 und durch eine fokussierende Linse 216 in die Glasfaseroptik 204. Das reflektierte Licht 218 von der Faseroptik, welches gestrichelt gezeichnet ist, wird von dem Halbspiegel 21 reflektiert und kommt über die Fokussierlinse 222 bei einem IR-Detektor 212 an, der mit einer PC-Steuereinrichtung 224 verbunden ist. Der auf dem Monitor 226 der PC-Steuereinrichtung 224 gezeigte Graph soll zeigen, daß die PC-Steuereinrichtung 224 bestimmte erwartete Diagramme für die Temperaturänderung des Bondverfahrens speichern kann, mit denen die tatsächliche Temperaturänderung verglichen werden kann. Die PC-Steuereinrichtung 224 ist mit der Laserquelle 202 verbunden, so daß bei Bedarf die Laserparameter gesteuert werden können.

Die Reproduzierbarkeit einer FPC-Laserverbindung hängt sowohl von einem hohen thermischen Kopplungsgrad zwischen den beiden Verbindungselementen 208, 210 als auch von einer hohen Absorption der Laserenergie durch die leitenden Anschlüsse 208, 210 ab. Um das Verbindungsverfahren zu optimieren, sollte die Absorption im Kaptonband minimal und die Absorption in der Metallschicht der flexiblen Schaltung 18 maximal sein. Metalle mit höheren Absorptionsraten transformieren einen höheren Anteil der Laserenergie in Wärme. Daraus ergibt sich ein kürzerer Befestigungsvorgang, was wiederum zu einer Verbindung höherer Qualität führt.

Der verwendete Laser ist ein YAG-Laser mit einer Wellenlänge von 1064 nm. Fig. 12 zeigt die Absorptionseigenschaft über der Wellenlänge für verschiedene Metalle. Wie man aus Fig. 12 sehen kann, haben Chrom und Molybdän bei dieser Wellenlänge die höchsten Absorptionseigenschaften. Chrom wurde als Grundmetall ausgewählt, weil die meisten Hersteller von flexiblen Schaltungen Chrom als die Keimschicht verwenden. Die Eindringtiefe des Lasers in das Chrom beträgt etwa 10 nm bei einer Punktgröße von 5 nm, so daß eine minimale Dicke des Chroms von 15 nm erforderlich ist. Der Laserstrahl erzeugt eine lokal erhitzte Zone, in der das Metall (oder Lötmaterial) schmilzt und eine Verbindung zwischen zwei aneinanderliegenden Oberflächen entsteht, ohne daß die Temperatur des Kaptonbandes steigt. Jeder Spalt zwischen den beiden Metallteilen, die verbunden werden sollen, bewirkt jedoch eine Überhitzung der Metalloberfläche, welche dem Laserstrahl ausgesetzt ist. Daraus ergibt sich eine Deformation der TAB-Anschlüsse ohne Verbindung der Metalloberflächen. Auch eine erhöhte Temperatur führt zu einer Beschädigung der flexiblen Schaltung.

Fig. 11 zeigt ein typisches Temperaturprofil der flexiblen Schaltung 18 während des Verbindungsvorgangs mit dem FPC-Laser. Wie man in Fig. 11 erkennen kann, ist die Temperatur bei dem Bereich 206 der Verbindung wesentlich höher als die Temperatur des Kaptonbandes 18. Dies ergibt sich aus dem hohen Grad an Transparenz des Kaptonbandes bei unterschiedlichen Wellenlängen.

Das Kapton-Polyimidband ist für den YAG Laserstrahl durchlässig, und der Laserstrahl geht durch die 2 mil ($2 \cdot 10^{-3} = 5,08 \text{ mm}$) dicke Schicht aus Polyimid ohne irgendwelche Absorption. Chrom ist eine übliche Keimschicht, welche häufig dazu verwendet wird, eine Klebschicht zwischen der Kupferspur und dem Kapton-Polyimid beim Herstellen einer zweischichtigen flexiblen Schaltung vorzusehen. Eine Chromschicht mit einer minimalen Dicke von 10 nm (oder einer nominalen Dicke von 20 nm) ist erforderlich, um ein Medium zur Absorption der Laserenergie vorzusehen. Die Dicke der Chromschicht variiert abhängig von dem Hersteller der flexiblen Schaltung, wobei Dicken zwischen 2 und 30 nm bekannt sind. Ein übliches Herstellungsverfahren für flexible Schaltungen verwendet eine dünne Schicht (20 nm) aus aufgedampftem (gesputtert) Chrom als eine Keim-(Kle-

be)-Schicht zwischen den Kupferspuren und dem Kapton-Polyimid.

Fünf Proben des Kaptonbandes wurden mit 2, 5, 10, 15 und 25 nm Chrom bedampft, und die optische Durchlässigkeit für diese Proben wurde gemessen. Fig. 13 zeigt die Ergebnisse der Messung der optischen Durchlässigkeit für diese Proben. Man sieht, daß die optische Durchlässigkeit anfänglich mit der zunehmenden Chromdicke schnell abfällt (von 65% für 2 nm Chrom bis 12% für 15 nm Chrom), daß sich die optische Durchlässigkeit jedoch sehr langsam ändert, wenn die Chromdicke von 15 auf 25 nm zunimmt.

Der Laserbondprozeß erfordert einen schnellen Temperaturanstieg in den leitenden Spuren, um den Temperaturanstieg in dem Kapton zu minimieren und somit die Beschädigung des Kaptonbandes zu minimieren. Fig. 14 und 15 zeigen den Temperaturanstieg in verschiedenen flexiblen Schaltungen mit unterschiedlichen Aufbauten. Fig. 4 zeigt den Temperaturanstieg in flexiblen Schaltungen mit dickeren Keimschichten. Es ist wichtig zu beachten, daß flexible Schaltungen mit 10 nm oder weniger Ti/W nicht die Temperatur erreichen, welche für eine Gold/Gold-Verbindung erforderlich ist, daß die flexible Schaltung mit 20 nm Ti/W diese Bondtemperatur jedoch erreicht. Man sollte ferner beachten, daß die Anstiegszeit in der flexiblen Schaltung mit dem dickeren Ti/W schneller ist, wodurch die Möglichkeit einer Beschädigung aufgrund hoher örtlicher Temperaturen in dem Kaptonband minimiert wird.

Die Temperaturschwankung (Schwankung des IR-Signals) in der flexiblen Schaltung mit 20 nm Ti/W zeigt, daß diese flexible Schaltung die voreingestellte maximale Temperatur erreichte, welche für eine Gold/Gold-Verbindung notwendig ist, wobei dann die Laser-Rückführungsschleife die Laserenergie vorübergehend absenkte, so daß die Zunahme der TAB-Bondtemperatur das Kaptonband nicht beschädigte. Sobald die Temperatur des Kaptonbandes (um eine voreingestellte Größe) gefallen ist, nimmt die Laserenergie automatisch auf die volle Leistung zu, um die TAB-Anschlußtemperatur zu erhöhen und eine zuverlässige Gold/Gold-Verbindung zu erzeugen.

Fig. 15 zeigt ähnliche Ergebnisse für andere flexible Schaltungen mit einer Chrom-Keimschicht, im Gegensatz zu der Ti/W-Keimschicht. Man kann erkennen, daß die flexible Schaltung mit 10 nm Chrom die für die Gold/Gold-Verbindung erforderliche, voreingestellte Temperatur erreichte. Die Chrom-Keimschicht hat also höhere Absorptionsfähigkeiten verglichen mit der Ti/W-Keimschicht bei Verwendung eines YAG-Lasers.

Fig. 16 zeigt die Temperaturzunahme über der Zeit in einem dreischichtigen Band mit einer Chromschicht von 20 nm, einem Band mit einer Chromschicht von 5 nm und einem Band ohne Chromschicht. Wie man in Fig. 16 sehen kann, zeigte nur die flexible Schaltung mit der 20 nm Chromschicht einen schnellen Temperaturanstieg.

Da wir nun wissen, daß die Dicke des Chroms wesentlich für die Integrität der Gold/Gold-Laserverbindung ist, wenn ein YAG-Laser verwendet wird, wurde eine optimale Chromdicke als ein Ausgangspunkt gewählt. Aus Fig. 13 erkennt man, daß eine Chromdicke über 15 nm keine wesentliche Verminderung der Durchlässigkeit bewirkt. Basierend auf Fig. 15 ist eine Chromdicke von 10 nm die absolut minimal erforderliche Dicke, um eine erfolgreiche Laserverbindung vorzusehen. Fig. 15 zeigt auch, daß eine flexible Schaltung mit 15 nm Chrom einen wesentlich schnelleren Temperaturanstieg in den Kupferspuren ergibt, was zu einer geringeren oder gar keinen Beschädigung des Kaptonbandes führt. Daher sind 15 nm Chrom optimal, um eine zuverlässige und wiederholbare Laserverbindung vorzusehen.

Eine gewisse Diffusion des Chroms in das Kupfer muß während des nachfolgenden Bedampfens (Sputtern) von Chrom als eine Keimschicht und dem Plattieren während der Herstellung der flexiblen Schaltungen erwartet werden. Die Diffusion des Chroms in das Kupfer ist ein zeit- und temperaturabhängiger Prozeß, und es ist schwierig, die Menge des Chroms zu ermitteln, welche während dieser Vorgänge in das Kupfer diffundiert. Normalerweise schätzt man, daß die maximale Menge des diffundierten Chroms unter 5 nm liegt. Basierend auf diesen Faktoren wird eine minimale Chromdicke nach dem Sputtern von 20 nm eingestellt. Diese Dicke sollte eine minimale Chromdicke von 15 nm nach der vollständigen Fertigstellung der flexiblen Schaltung garantieren.

Fig. 17 zeigt die Ergebnisse von Laserbondversuchen, um die Laserverbindbarkeit einer flexiblen Schaltung mit einer Keimschicht von etwa 5 nm Chrom zu untersuchen. Bei diesem Versuch wurde die Bondkraft von 20 bis 140 Gramm variiert (20, 40, 60, 80, 100 und 140 Gramm), und die Laserimpulslänge wurde von 20 bis 40 Millisekunden variiert (2, 7, 10, 20, 30 und 40 Millisekunden). Die festen Faktoren bei diesem Experiment waren die Chip- oder Körnernesttemperatur, der Laserstrom, die maximale Rückführungstemperatur und die Temperaturanstiegszeit. Durch Variieren der Laserenergie wurde zwischen dem TAB-Anschluß 208 und dem Anschlußfeld 210 des Körpers keine Verbindung gebildet. Der Grund hierfür ist, daß die flexible Schaltung wegen der ungenügenden Dicke der Chrom-Keimschicht keine Laserenergie absorbierte.

Tabelle I gibt die Bedingungen und die Prüfergebnisse für verschiedene Untersuchungen an. Diese Untersuchungen decken einen großen Querschnitt von Betriebsbedingungen ab und erzielten Ergebnisse von keiner sichtbaren Wirkung auf die Verbindung bis zur vollständigen Zerstörung des Kaptons. Basierend auf den in Tabelle I gezeigten Ergebnissen wurde geschlossen, daß der vorhandene YAG-Laser vorhandene flexible Schaltungen mit geringen Chromdicken nicht bonden kann.

Eine dreischichtige flexible Schaltung mit 20 nm Chrom und mit einer Klebschicht zwischen dem Kapton und den Chromspuren wurde ebenfalls geprüft. Es ergab sich eine erfolgreiche Gold/Gold-Laserverbindung mit einer auf 10 Watt eingestellten Laserleistung, einer auf 20 Millisekunden eingestellten Impulslänge, einer auf 140 Gramm eingestellten Bondkraft und einer auf 100°C eingestellten Chip- oder Körnernesttemperatur. Im Bereich des Chipanschlußfeldes wurde keine mechanische Beschädigung festgestellt. Dies ist ein Zeichen dafür, daß weder die Laserenergie noch die Kraft eine mechanische Beschädigung des Anschlußfeldbereiches des Chips bewirkten.

Tabelle II gibt die Prüfbedingungen und die Prüfergebnisse für sieben Experimente an. Zur Bewertung der Laserbondergebnisse wurde eine Verbindung der Qualität "X" als eine Verbindung definiert, die einen Querschnitt hat, der ähnlich ist wie bei einem mittels Thermokompression gebondeten Chip, und mit derselben oder einer besseren Abziehfestigkeit. Eine Verbindung der Qualität "B" ist eine Verbindung, die noch immer eine

annehmbare Bondfestigkeit hat, bei der jedoch das Kapton-Verbindungsglied wegen der höheren Temperaturen beschädigt wurde (eine Verbindung der Qualität "B" ist noch immer akzeptabel). Eine Verbindung der Qualität "C" liegt vor, wenn die Verbindungsstärke geringer ist als bei mittels thermischer Kompression verbundenen Teilen. Eine Verbindung der Qualität "F" bezeichnet einen Fall, bei dem zwischen der Kupferspur und dem Anschlußfeld des Chips keine Verbindung hergestellt wurde (in den meisten Fällen verbrannte das Kapton durch die erhöhte örtliche Temperatur).

Durch Erhöhung der Impulslänge von 5 auf 10 Millisekunden in Test Nr. 2 konnte die Verbindungsqualität drastisch verbessert werden, in diesem Fall verbrannte das Kapton jedoch bei einer Chipposition. Durch Vermindern der Impulslänge zurück auf 20 Millisekunden und Erhöhen der Laserleistung (durch Erhöhen des Laserstroms) wurden die Verbindungen wieder schwach, es konnte jedoch auch kein verbranntes Kapton mehr beobachtet werden. Um die Verbindungen weiter zu verbessern, wurde die Laserenergie ein zweites Mal erhöht, indem der Strom erhöht wurde. Im Test Nr. 4 wurden gute, saubere Verbindungen hergestellt, und es konnte keine Beschädigung des Kaptons beobachtet werden. Ein Abziehtest der Teile, welche mit diesen Parametergruppen aufgebaut wurden, ergaben ferner eine gute Abziehfestigkeit. Die Stärke der Verbindung wurde durch Erhöhen der Laserleistung weiter verbessert. Im Test Nr. 5 wurde die Leistung durch Erhöhen der Impulslänge von 5 auf 10 Millisekunden erhöht. In diesem Fall verbesserte sich die Festigkeit der Verbindung drastisch, es wurde jedoch auch etwas Kapton verbrannt. Im Falle der Tests Nr. 2 und 5 lag das verbrannte Kapton auf der Seite des Kupferanschlusses, und es gab keine Öffnungen, welche den Kupferanschluß freilegten. Es wird daher angenommen, daß die Klebschicht zwischen dem Kapton und dem Kupferanschluß verbrannt ist. Im Test Nr. 6 wurde der Laserstrom bei 19 Ampere gehalten, die Impulslänge wurde jedoch von 10 auf 15 Millisekunden erhöht. Dies führte zu einer Laser-Überanregung, die mehrere Löcher ganz durch das Kapton brannte, ohne daß eine Verbindung zwischen dem TAB-Anschluß und dem Chipkontaktfeld erzeugt wurde.

Der Test Nr. 7 wiederholt im wesentlichen den Test Nr. 5, wobei eine geringere Kraft aufgebracht wurde. Im Test Nr. 7 wurde die Kraft von 140 Gramm auf 100 Gramm vermindert. In diesem Fall wurden, ähnlich wie im Test Nr. 5, ausgezeichnete Verbindungen mit einer hohen Verbindungsfestigkeit beobachtet. Eine mögliche Beschädigung des Bandes wurde jedoch bei einem Chip festgestellt. Auch in diesem Fall gab es keine freiliegenden Kupferspuren oder TAB-Anschlüsse.

Tabelle I

| Nr. | Kraft [g] | Laser- strom [A] | Impuls- länge [ms] | max. Temp.ein- stellung | Ergebnis |
|-----|--------------|------------------------|--------------------------|-------------------------------|---|
| 1 | 140 | 17 | 5 | 0,4 | Keine Verbindung/ Keine Beschädigung der Flex-Schaltung |
| 2 | 140 | 17 | 30 | 0,4 | Keine Verbindung/ Keine Beschädigung der Flex-Schaltung |
| 3 | 140 | 19 | 5 | 0,4 | Keine Verbindung/ Keine Beschädigung der Flex-Schaltung |
| 4 | 140 | 19 | 30 | 0,4 | Keine Verbindung/ Keine Beschädigung der Flex-Schaltung |
| 5 | 100 | 17 | 5 | 0,4 | Keine Verbindung/ Keine Beschädigung der Flex-Schaltung |
| 6 | 100 | 17 | 30 | 0,4 | Keine Verbindung/ Keine Beschädigung der Flex-Schaltung |
| 7 | 100 | 19 | 5 | 0,4 | Keine Verbindung/ Keine Beschädigung der Flex-Schaltung |
| 8 | 100 | 19 | 30 | 0,4 | Keine Verbindung/ Keine Beschädigung der Flex-Schaltung |
| 9 | 140 | 19 | 30 | 0,6 | Keine Verbindung/ Flex-Schaltung be- ginnt zu brennen |
| 10 | 140 | 19 | 30 | 0,8 | Keine Verbindung/ Gewisse Beschädigung der Flex-Schaltung |
| 11 | 140 | 19 | 30 | 1 | Keine Verbindung/ Deutliche Beschädig. der Flex-Schaltung |
| 12 | 140 | 19 | 50 | 1 | Keine Verbindung/ Gewisse Beschädigung der Flex-Schaltung |
| 13 | 140 | 19 | 50 | 2 | Keine Verbindung/ Deutliche Beschädig. der Flex-Schaltung |
| 14 | 140 | 19 | 30 | 5 | Keine Verbindung/ Deutliche Beschädig. der Flex-Schaltung |
| 15 | 140 | 19 | 30 | 9 | Keine Verbindung/ Starke Beschädigung der Flex-Schaltung |
| 16 | 140 | 19 | 60 | 9 | Keine Verbindung/ Starke Beschädigung der Flex-Schaltung |

Tabelle II

| Test | Kraft [g] | Laser strom [A] | Impuls [ms] | max. Temp.- einst. | Bond- qua- lität | Fig. | Ergebnis |
|------|--------------|-----------------------|----------------|--------------------------|------------------------|------|--|
| 1 | 140 | 17 | 5 | 0,6 | C | 18 | Schwache Ver- bindung bei den meisten Bondstellen |
| 2 | 140 | 17 | 10 | 0,6 | B | 19 | Annehmbare Verbindung, verbranntes Kapton bei einer Stelle |
| 3 | 140 | 17,5 | 5 | 0,8 | C | 20 | Schwache Ver- bindung bei den meisten Bondstellen |
| 4 | 140 | 19 | 5 | 0,8 | A | 21 | Gute Verbin- dung, keine Beschädigung des Kaptons |
| 5 | 140 | 19 | 10 | 0,8 | B | 22 | Ausgezeichne- te Verbin- dung, Kapton bei einigen Stellen ver- brannt |
| 6 | 140 | 19 | 15 | 0,8 | F | 23 | Kapton ver- brannt, keine Verbindungen |
| 7 | 100 | 19 | 10 | 0,8 | B | 24 | ausgezeichne- te Verbindung - Kapton an einer Stelle verbrannt |

Basierend auf den in Tabelle II angegebenen Ergebnissen kann für ein dreischichtiges Band ein Verbindbarkeits-Fenster wie folgt definiert werden:

Bond Kraft: 100—140 Gramm [g]
 Laser-Strom: 17—20 Ampere [A]
 Impulslänge: 5—10 Millisekunden [ms]
 Maximale eingestellte Temperatur: 0,6—0,8.

Ferner wurden Experimente unter Verwendung eines zweischichtigen Bandes mit 20 nm aufgedampftem (gesputtertem) Chrom durchgeführt. Eine Versuchsanordnung wurde aufgebaut, um die Wirkungen der Kraft, der Impulslänge und der Laserleistung auf die Qualität der Verbindung zu bewerten. Dieses Experiment wurde mit den Variablen Kraft, Impulslänge und Laserleistung bei drei verschiedenen Pegeln aufgebaut, woraus sich 27 einzelne Tests und 27 mit dem FPC-Laser gebondete Teile ergaben. Alle 27 Teile bestanden eine optische Untersuchung, wobei keine Beschädigung des Kaptons oder der Grenzschicht sichtbar war. Das Kapton wurde dann geätzt, um die TAB-Anschlüsse freizulegen. Bei den 27 Teilen wurde die Scherfestigkeit und die Zugfestigkeit geprüft, um die Stärke der Verbindung (Bondstärke) zu bewerten. Die Prüfung der Scher- und der Zugfestigkeit ergaben eine Bondstärke von weit über 200 Gramm für hohe Laserleistungen. Tabelle III gibt die Prüfbedingungen und die sich ergebenden Bondfestigkeiten für die 27 Experimente an.

Tabelle III

| Test Nr. | Bondkraft [g] | Bondzeit [ms] | Laser- leistung [W] | Scherfe- stigkeit [g] | Zugfe- stigkeit [g] |
|-------------|------------------|------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 1 | 310 | 20 | 5,0 | 0 | 0 |
| 2 | 310 | 20 | 6,2 | 82 | 106 |
| 3 | 310 | 20 | 8,5 | 176 | 177 |
| 4 | 310 | 40 | 5,0 | 0 | 0 |
| 5 | 310 | 40 | 6,2 | 90 | 137 |
| 6 | 310 | 40 | 8,5 | 182 | 169 |
| 7 | 310 | 60 | 5,0 | 0 | 0 |
| 8 | 310 | 60 | 6,2 | 131 | 132 |
| 9 | 310 | 60 | 8,5 | 186 | 191 |
| 10 | 360 | 20 | 5,0 | 0 | 0 |
| 11 | 360 | 20 | 6,2 | 139 | 112 |
| 12 | 360 | 20 | 8,5 | 189 | 165 |
| 13 | 360 | 40 | 5,0 | 0 | 0 |
| 14 | 360 | 40 | 6,2 | 146 | 154 |
| 15 | 360 | 40 | 8,5 | 205 | 201 |
| 16 | 360 | 60 | 5,0 | 0 | 0 |
| 17 | 360 | 60 | 6,2 | 105 | 177 |
| 18 | 360 | 60 | 8,5 | 225 | 224 |
| 19 | 412 | 20 | 5,0 | 0 | 0 |
| 20 | 412 | 20 | 6,2 | 88 | 165 |
| 21 | 412 | 20 | 8,5 | 211 | 207 |
| 22 | 412 | 40 | 5,0 | 0 | 0 |
| 23 | 412 | 40 | 6,2 | 178 | 198 |
| 24 | 412 | 40 | 8,5 | 222 | 195 |
| 25 | 412 | 60 | 5,0 | 0 | 0 |
| 26 | 412 | 60 | 6,2 | 148 | 177 |
| 27 | 412 | 60 | 8,5 | 210 | 193 |

Die Experimente ergaben, daß das fensterlose TAB-Bonden von Gold auf Gold machbar ist. Scherfestigkeiten von weit über 200 Gramm können leicht und wiederholbar erreicht werden. Keine Beschädigung des Kaptons oder der Grenzschicht durch das Laserbondverfahren wurde beobachtet. Basierend auf den in Tabelle III angegebenen Ergebnissen wurde für das zweischichtige Band ein Verbindbarkeitsfenster wie folgt definiert:

| | Niedrig | Mittel | Hoch |
|---------------|-----------|-----------|-----------|
| Bondkraft | 310 Gramm | 360 Gramm | 420 Gramm |
| Impulszeit | 20 msec | 40 msec | 60 msec |
| Laserleistung | 5 Watt | 6,2 Watt | 8,5 Watt |

Die vorliegende Erfindung macht das TAB-Fenster und die zugehörige Abdeckung nach dem Stand der Technik überflüssig und ergibt ein ebenes TAB-Verbindungsverfahren. Dies führt wiederum zu geringeren Kosten, einer höheren Zuverlässigkeit und einer besseren Wartungsfreundlichkeit.

Das Band 104 wird dann zu einer Wärme- und Druckstation 122 weiterbewegt. Wie zuvor mit Bezug auf die Fig. 9 und 11 erörtert, ist eine Klebschicht 84 auf der Oberseite der Grenzschicht 30, die auf dem Siliziumsubstrat ausgebildet ist, vorgesehen. Nach dem oben beschriebenen Bondschrift werden die Siliziumchips 120 nach unten gegen das Band 104 gedrückt, und Wärme wird angewendet, um die Klebschicht 84 auszuhärten und die Chips 120 physisch mit dem Band 104 zu verbinden.

Danach wird das Band 104 weiterbewegt, und es wird optional von dem Aufwickelrad 124 aufgenommen. Das Band 104 kann dann später zerschnitten werden, um die einzelnen TAB-Kopfanordnungen voneinander zu trennen.

Die sich ergebende TAB-Kopfanordnung wird dann auf der Druckkartusche 10 positioniert, und die zuvor beschriebene Klebdichtung 90 wird aufgebracht, um das Düsenbauteil fest an der Druckkartusche zu befestigen, eine tintendichte Dichtung um das Substrat herum zwischen dem Düsenbauteil und dem Tintenreservoir vorzusehen und um die Spuren in der Nähe der Verbindungsstelle an dem Kopf abzudecken, um die Spuren von der Tinte zu trennen.

Punkte am Umfang der flexiblen TAB-Kopfanordnung werden dann an dem Kunststoff der Druckkartusche 10 mittels eines herkömmlichen Durchschmelz-Bondverfahrens befestigt, so daß die flexible Polymerschaltung 18 relativ bündig mit der Oberfläche der Druckkartusche 10 bleibt, wie in Fig. 1 gezeigt.

Oben wurden die Grundsätze, bevorzugten Ausführungsformen und Verwendungsarten der vorliegenden Erfindung beschrieben. Die Erfindung ist jedoch nicht auf die speziellen erörterten Ausführungsformen beschränkt. Während die vorliegende Erfindung in Bezug auf das Bonden von leitenden Spuren an einer TAB-Schaltung auf das Siliziumsubstrat eines Tintenstrahldruckkopfes beschrieben wurde, sind das vorliegende Verfahren und die Vorrichtung zum lötfreien elektrischen Verbinden von zwei Kontaktelementen mittels eines Laserlichtstrahls, der mit einem Faseroptiksystem eingekoppelt wird, auch für das Verbinden anderer Arten von elektrischen Bauteilen anwendbar. Ähnlich kann das vorliegende Verfahren auch für das lötfreie Verbinden anderer leitender Metalle eingesetzt werden, obwohl die vorliegende Erfindung in Bezug auf lötfreie Gold/-Gold-Verbindung von elektrischen Bauteilen beschrieben wurde. Die oben beschriebenen Ausführungsformen sollten also nur als Erläuterung betrachtet werden, nicht als Beschränkung, und der Fachmann auf diesem Gebiet kann diese Ausführungsformen variieren, ohne den Bereich der vorliegenden Erfindung gemäß den folgenden Ansprüchen zu verlassen. Die in der vorstehenden Beschreibung, den Figuren und den Zeichnungen offenbarten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Realisierung der Erfindung von Bedeutung sein.

Patentanspruch

Verfahren zum Verbinden elektrischer Anschlüsse einer TAB-Schaltung mit elektrischen Kontaktfeldern mittels eines Laserstrahls, der eine bestimmte Wellenlänge hat, mit folgenden Verfahrensschritten:

- Versetzen der elektrischen Anschlüsse mit einem Keimmetall auf der Oberseite der elektrischen Anschlüsse, wobei das Keimmetall bei der Wellenlänge des Laserstrahls eine geeignete Absorption hat;
- Ausrichten der elektrischen Anschlüsse zu den elektrischen Kontaktfeldern, wobei die elektrischen Anschlüsse über den elektrischen Kontaktfeldern liegen;
- Halten der elektrischen Anschlüsse und der elektrischen Kontaktfelder in Kontakt bei einer Bondoberfläche mit einer optischen Faser; und
- Bonden der elektrischen Anschlüsse und der elektrischen Kontaktfelder bei der Bondoberfläche, indem der Laserstrahl durch die optische Faser geschickt wird.

Hierzu 17 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

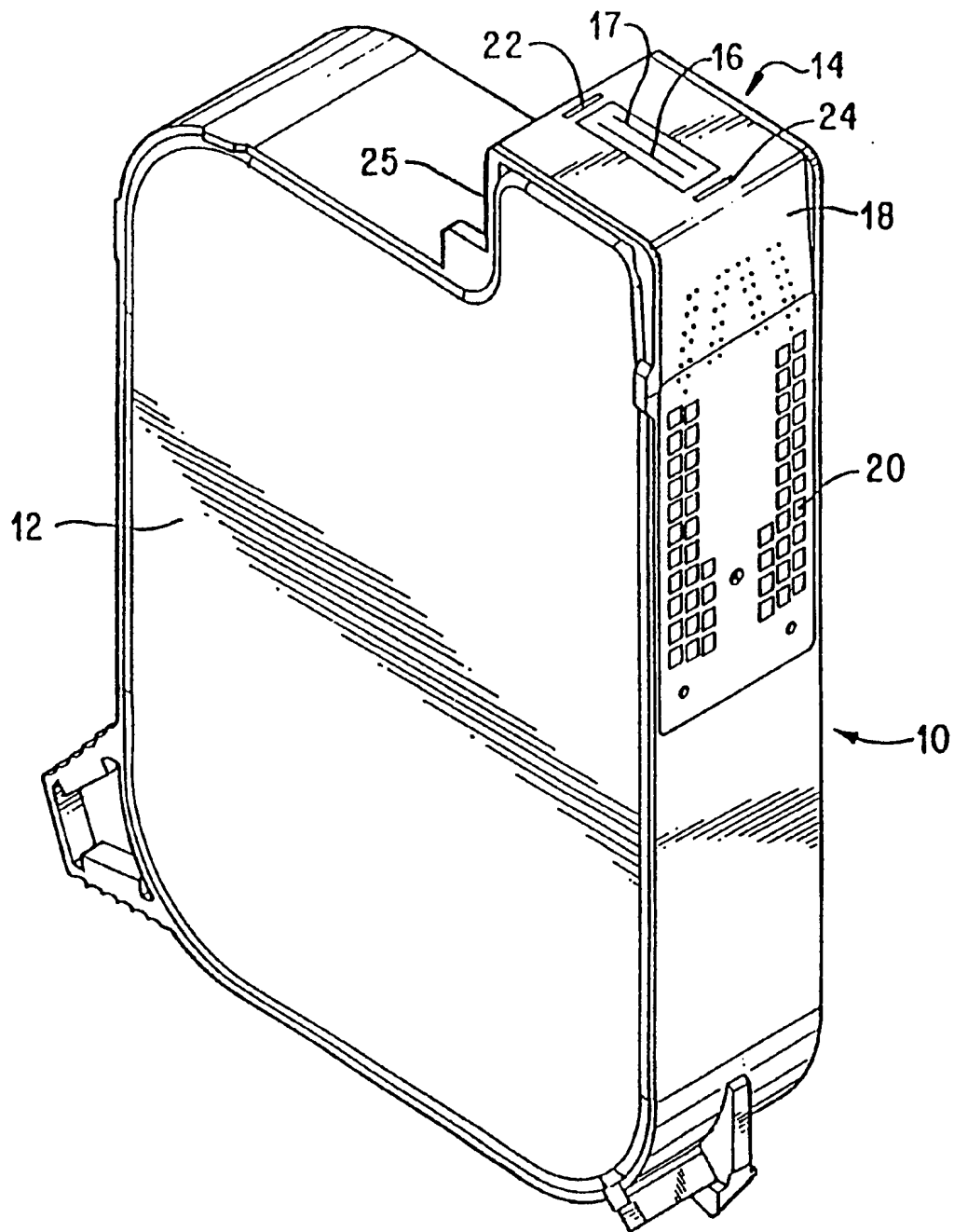


FIG. 1

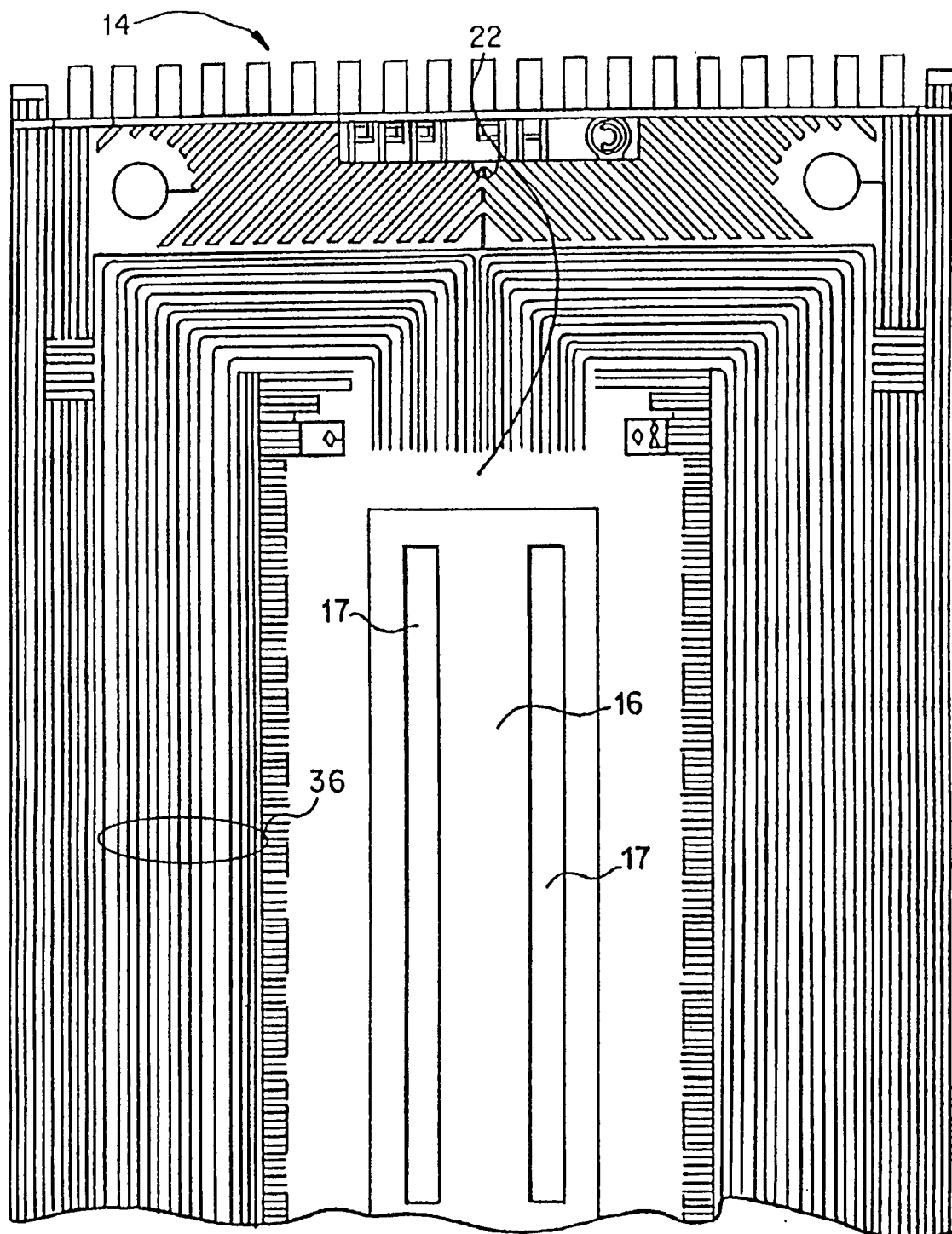


FIG. 2A

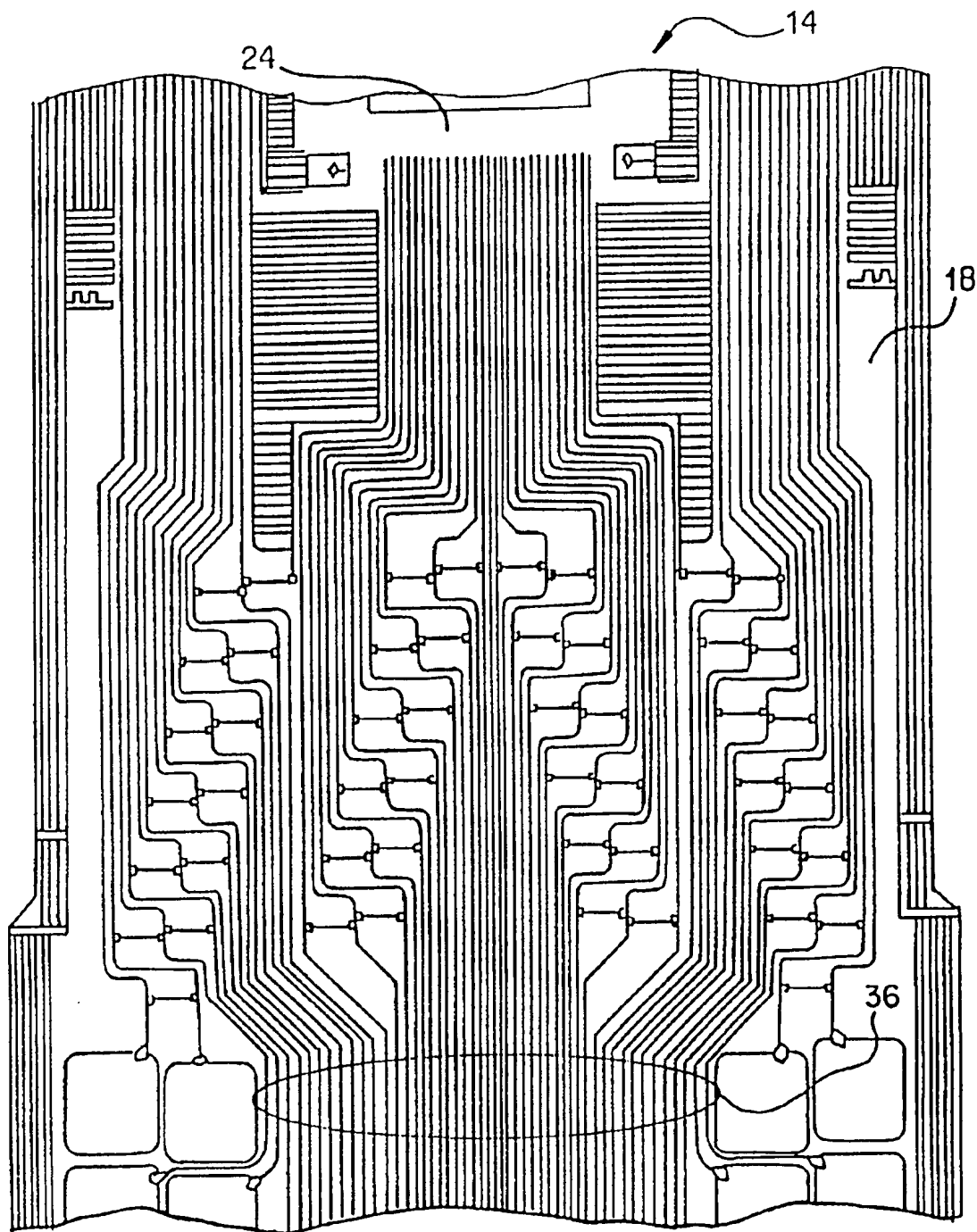


FIG. 2B

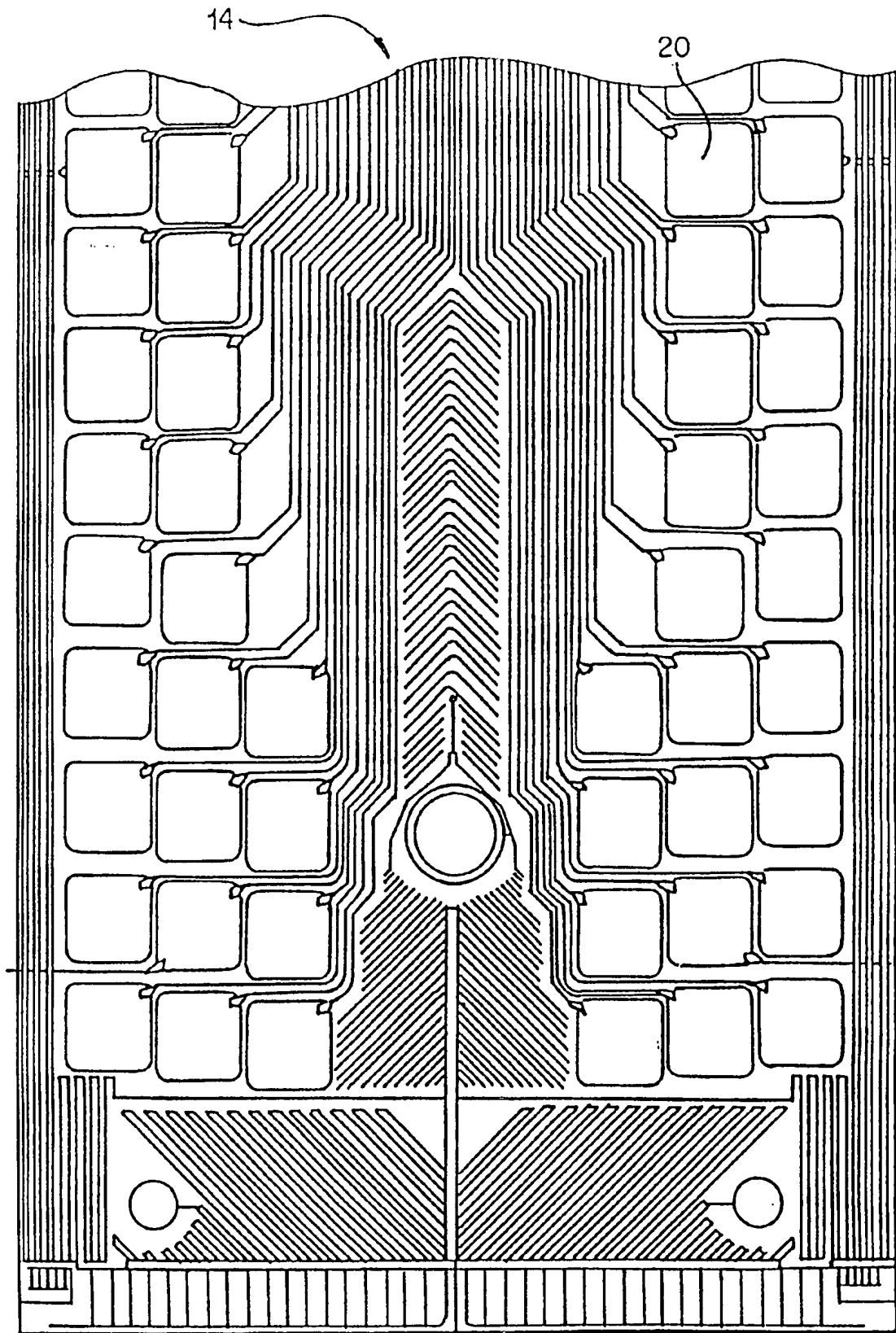


FIG. 2C

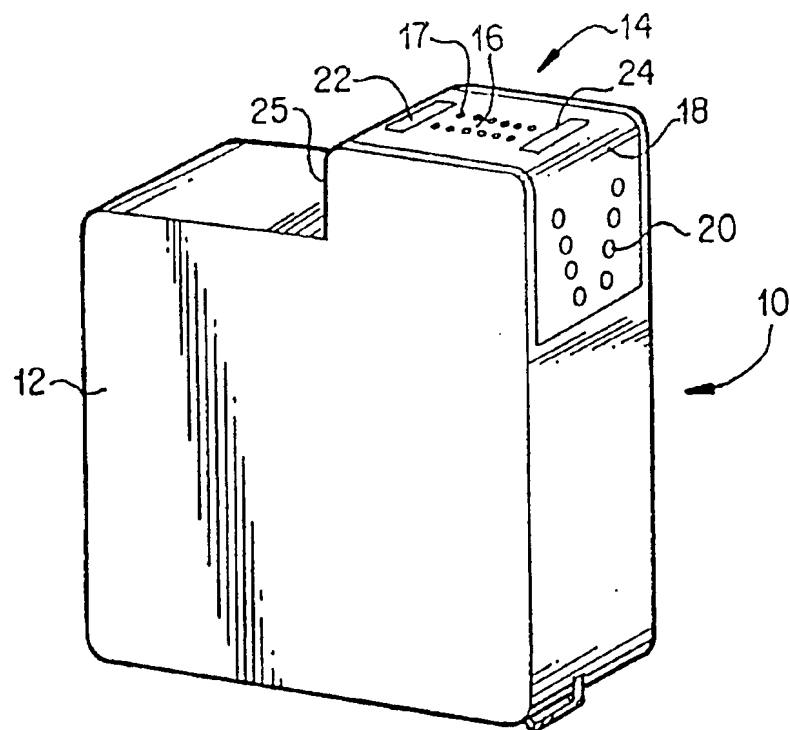


FIG. 3

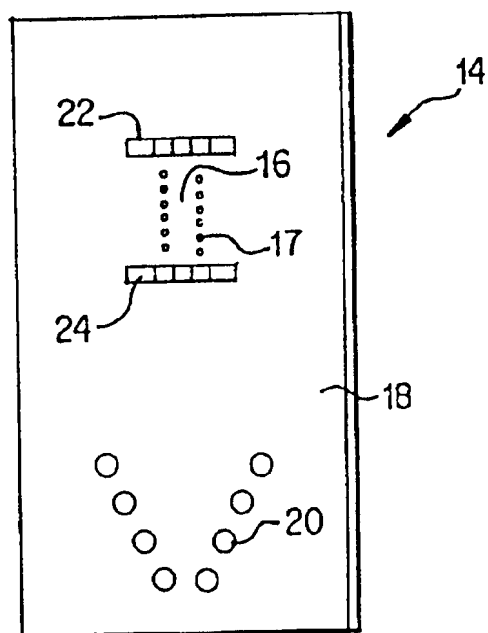
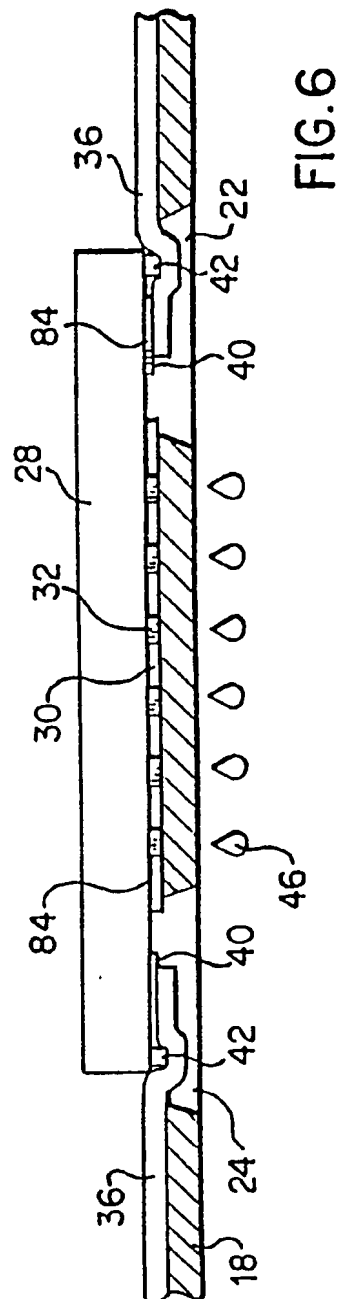
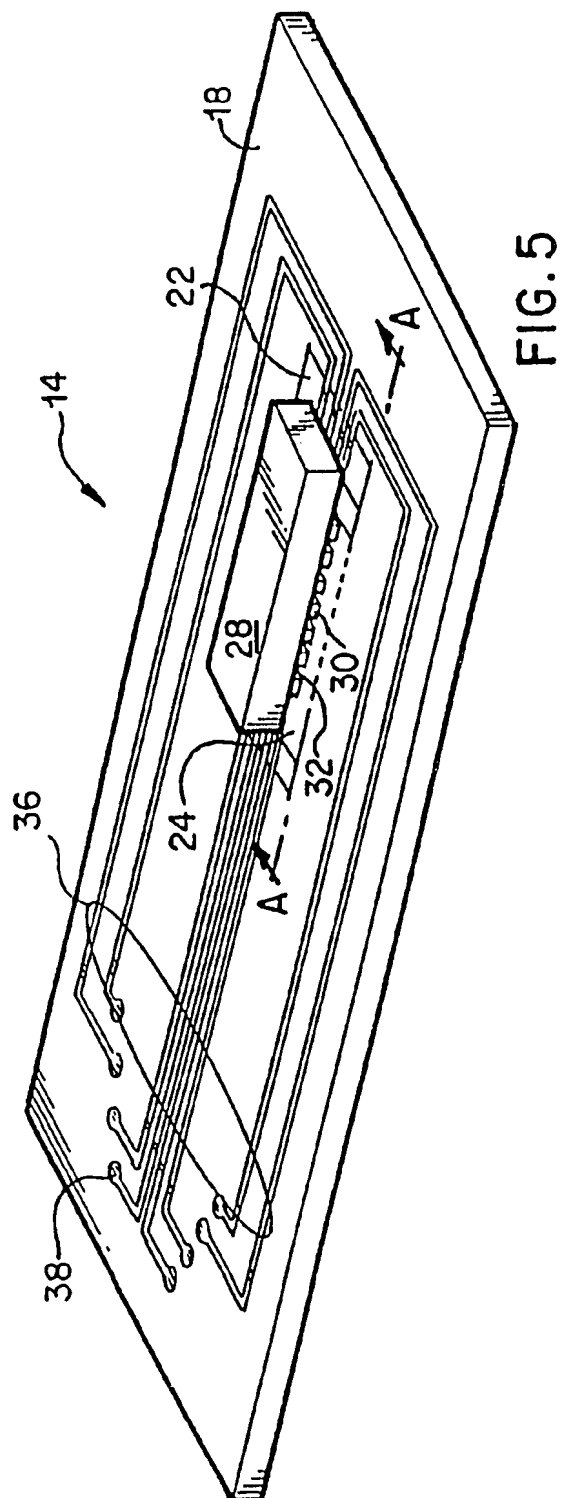


FIG. 4



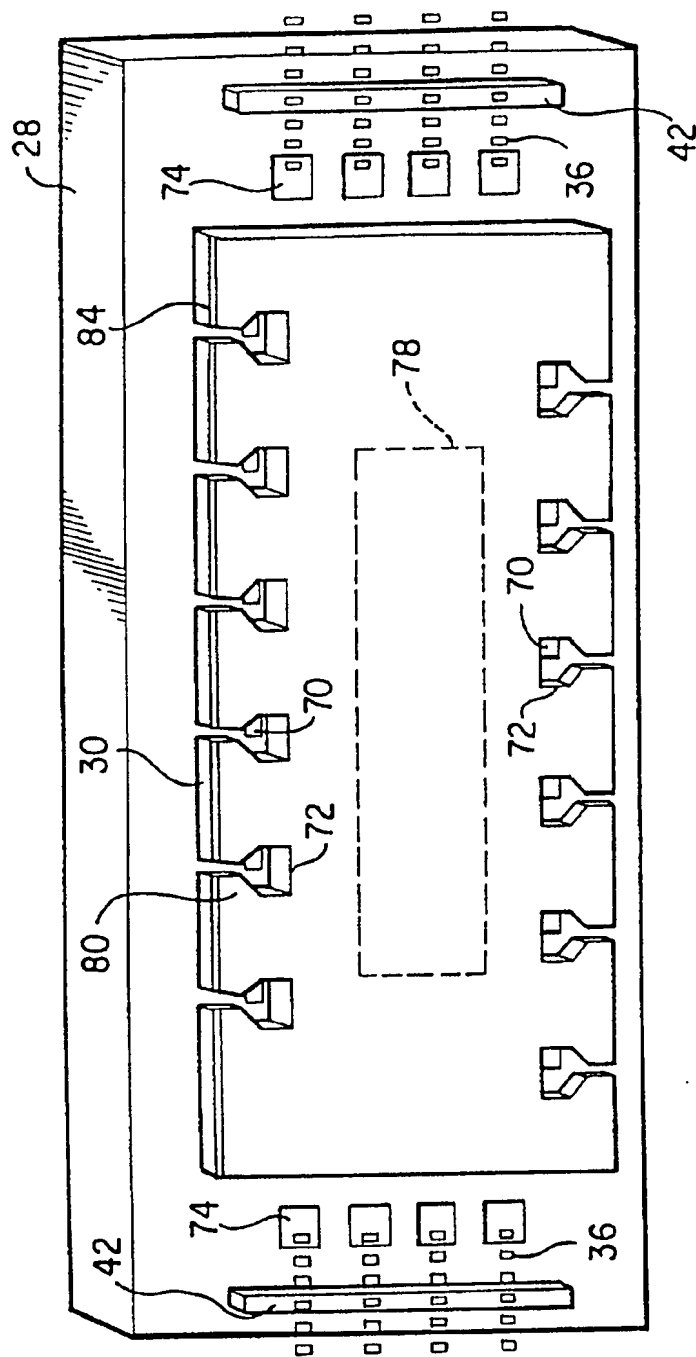
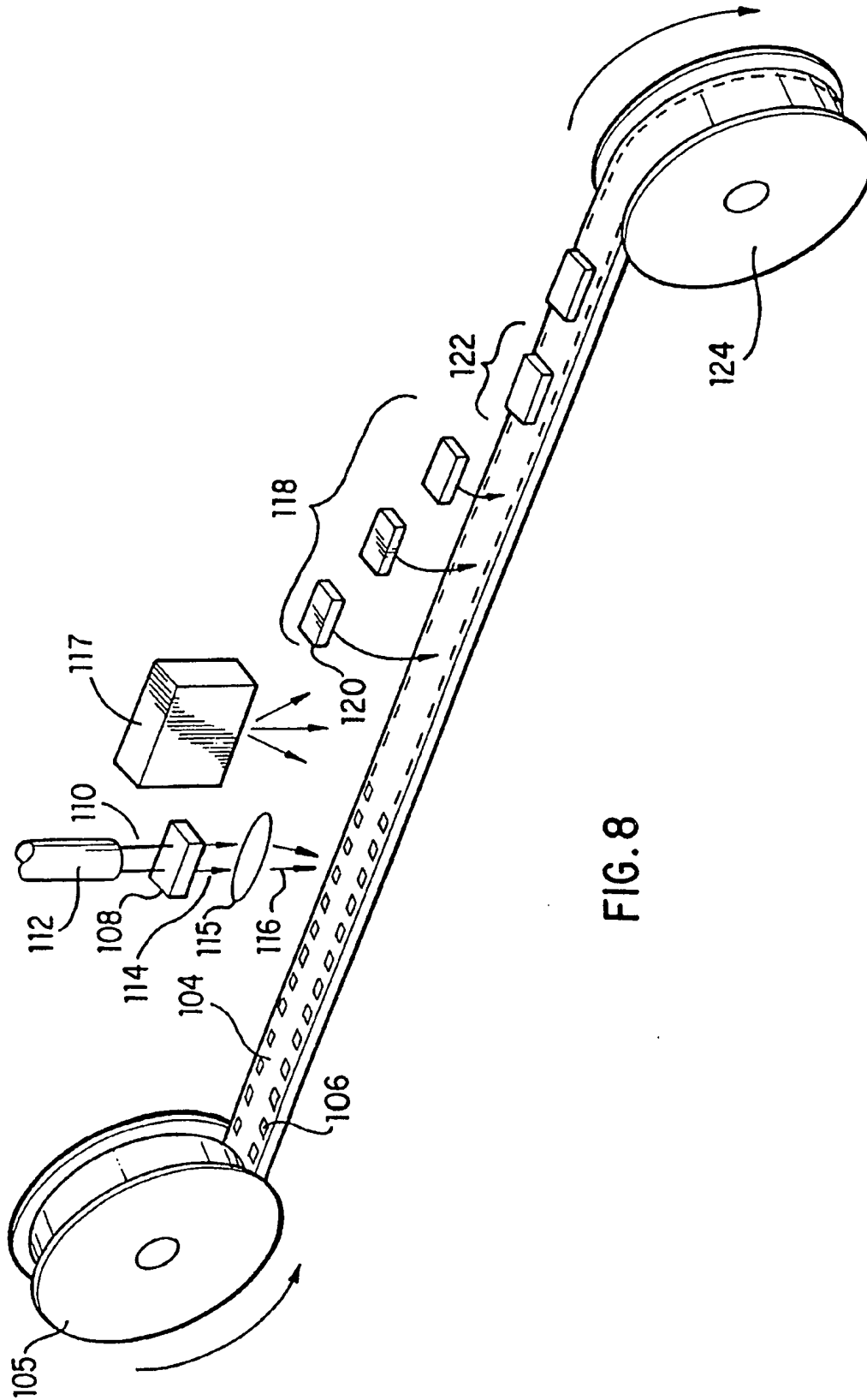


FIG. 7



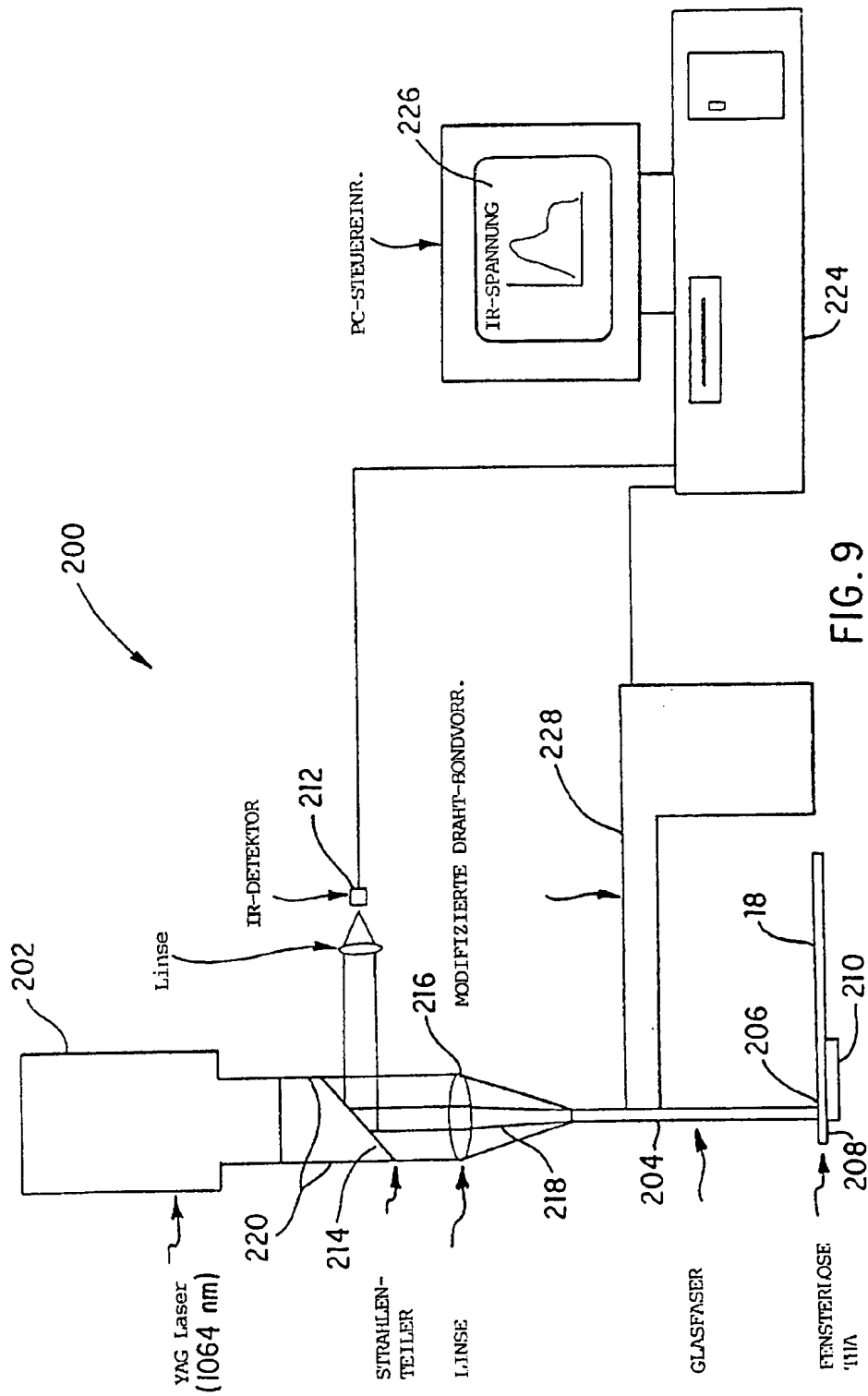


FIG. 9

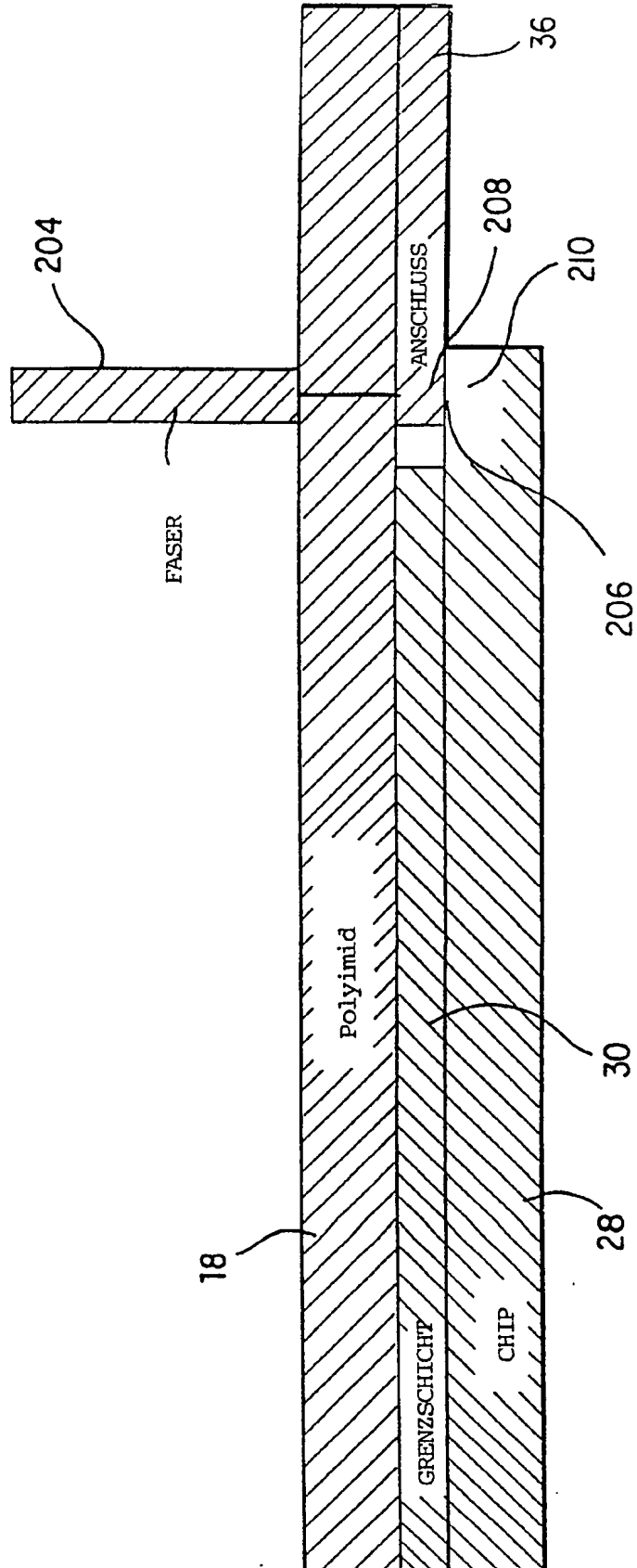


FIG.10

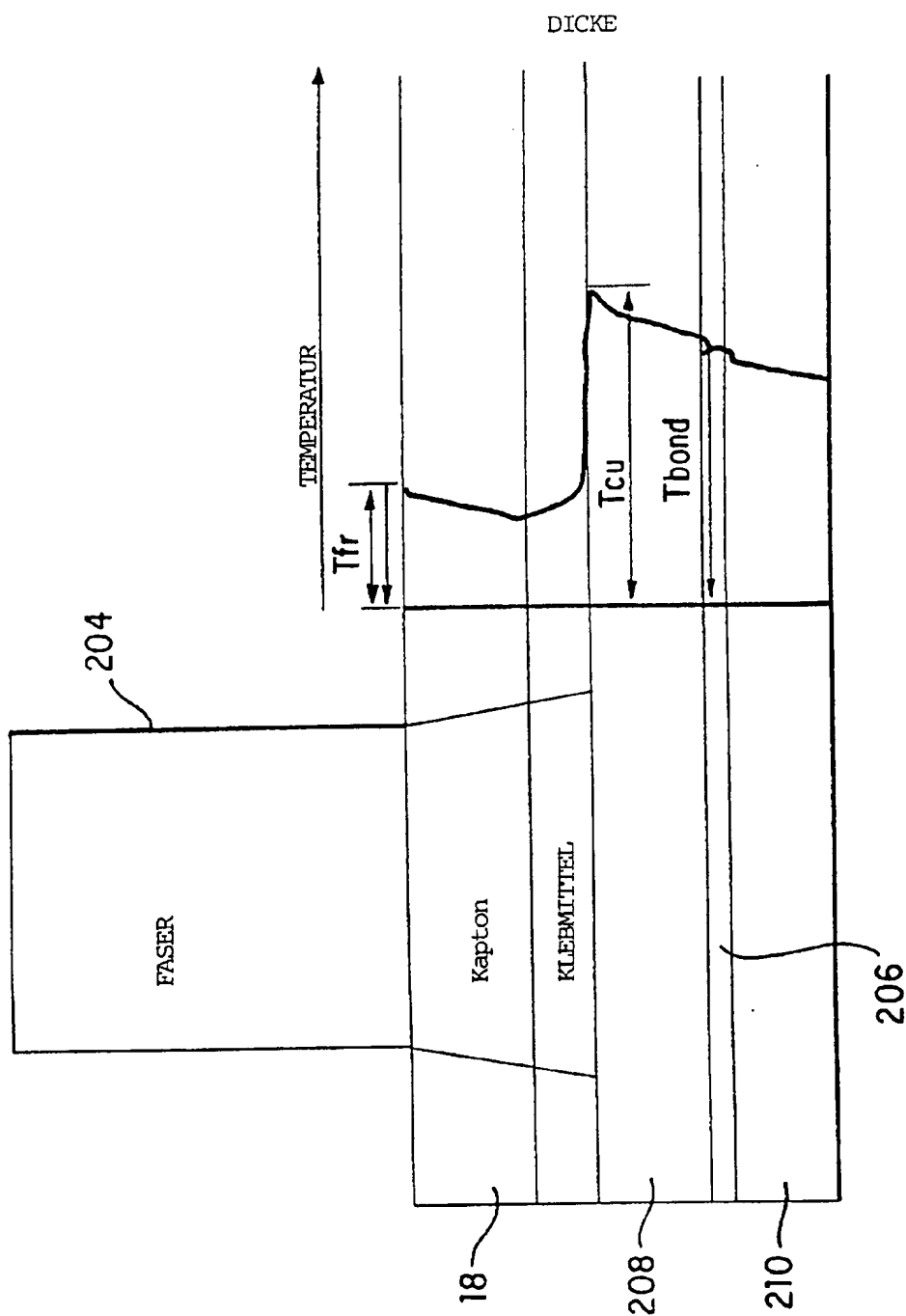
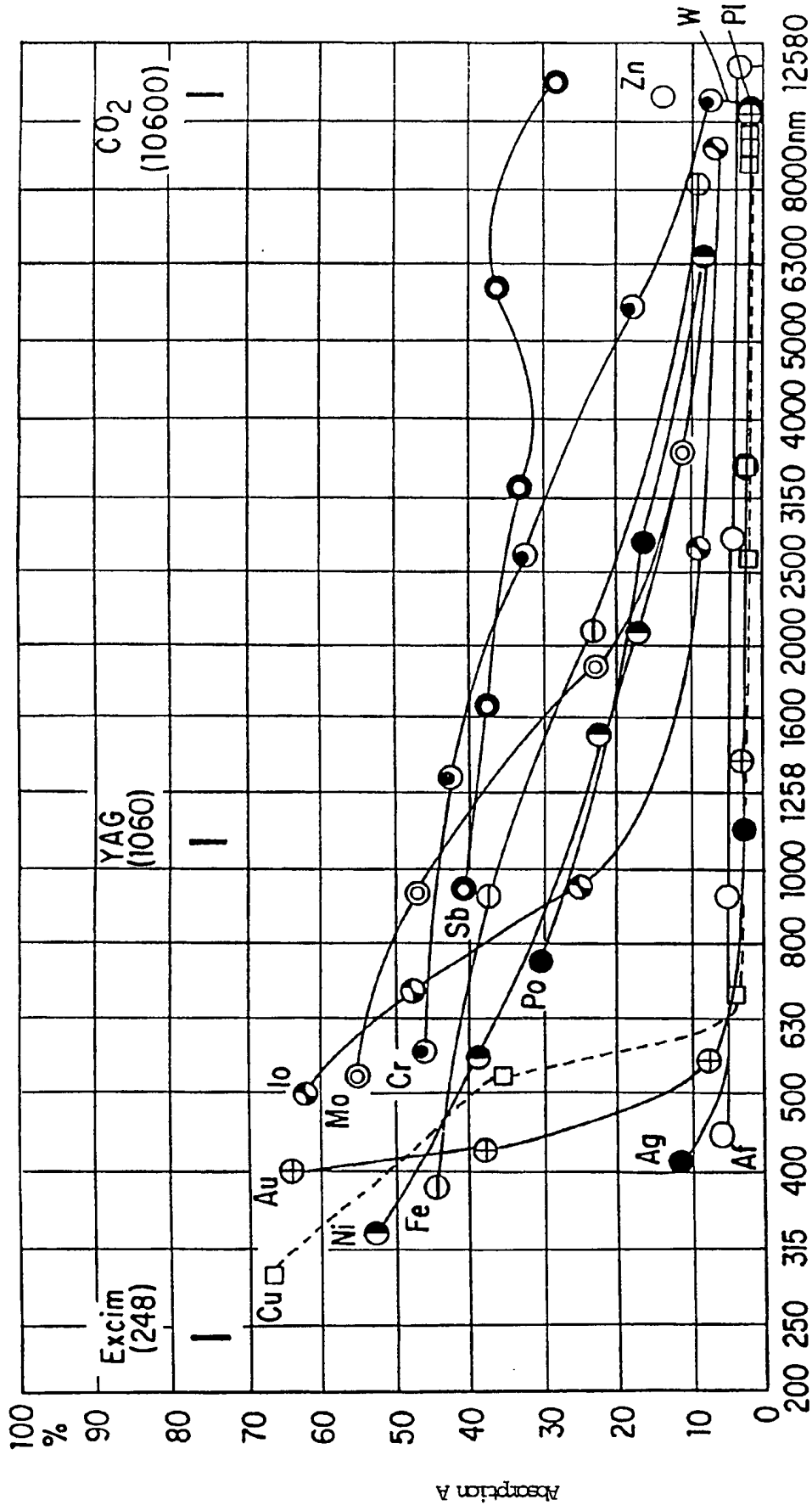


FIG.11



Wellenlänge

FIG.12

OPTISCHE DURCHLÄSSIGKEIT IM VERHÄLTNIS ZUR DICKE

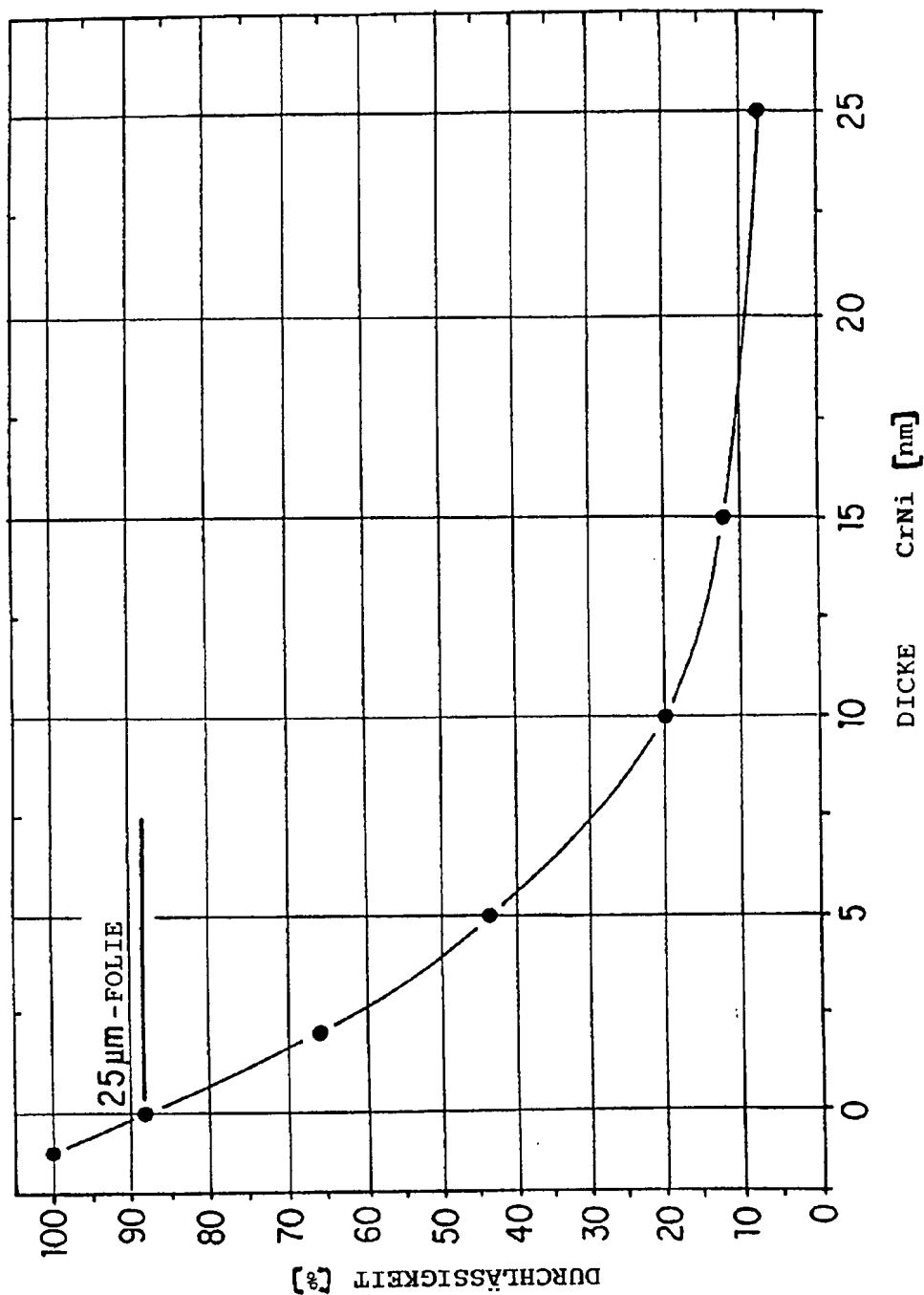


FIG.13

TEMPERATURANSTIEG IM VERGLEICH ZUR IMPULSLÄNGE

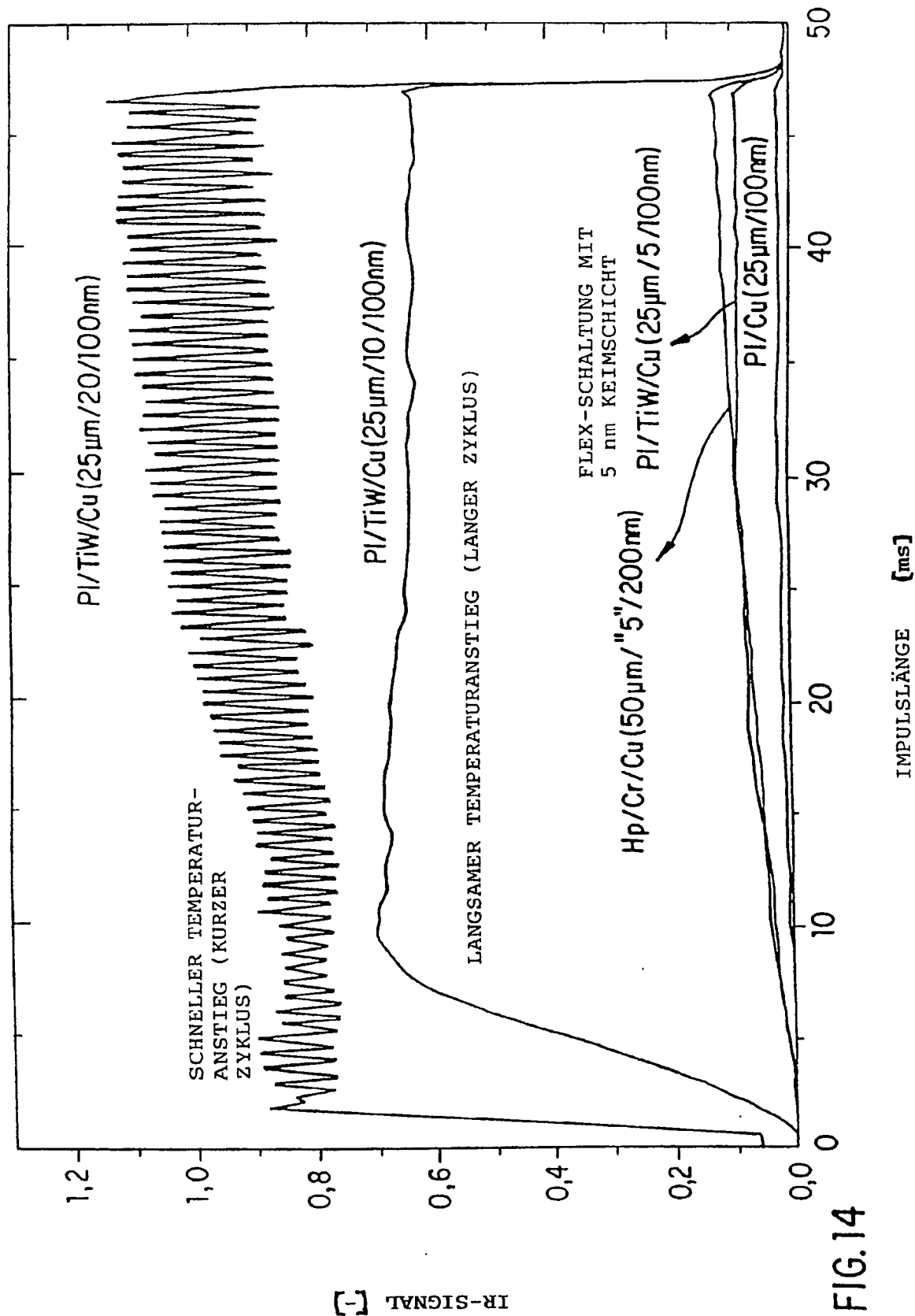


FIG.14

TEMPERATURANSTIEG IM VERHÄLTNIS ZUR IMPULSLÄNGE FÜR VERSCHIEDENE BÄNDER
MIT UNTERSCHIEDLICHEN CHROM-KEIMSCHICHTDICKEN

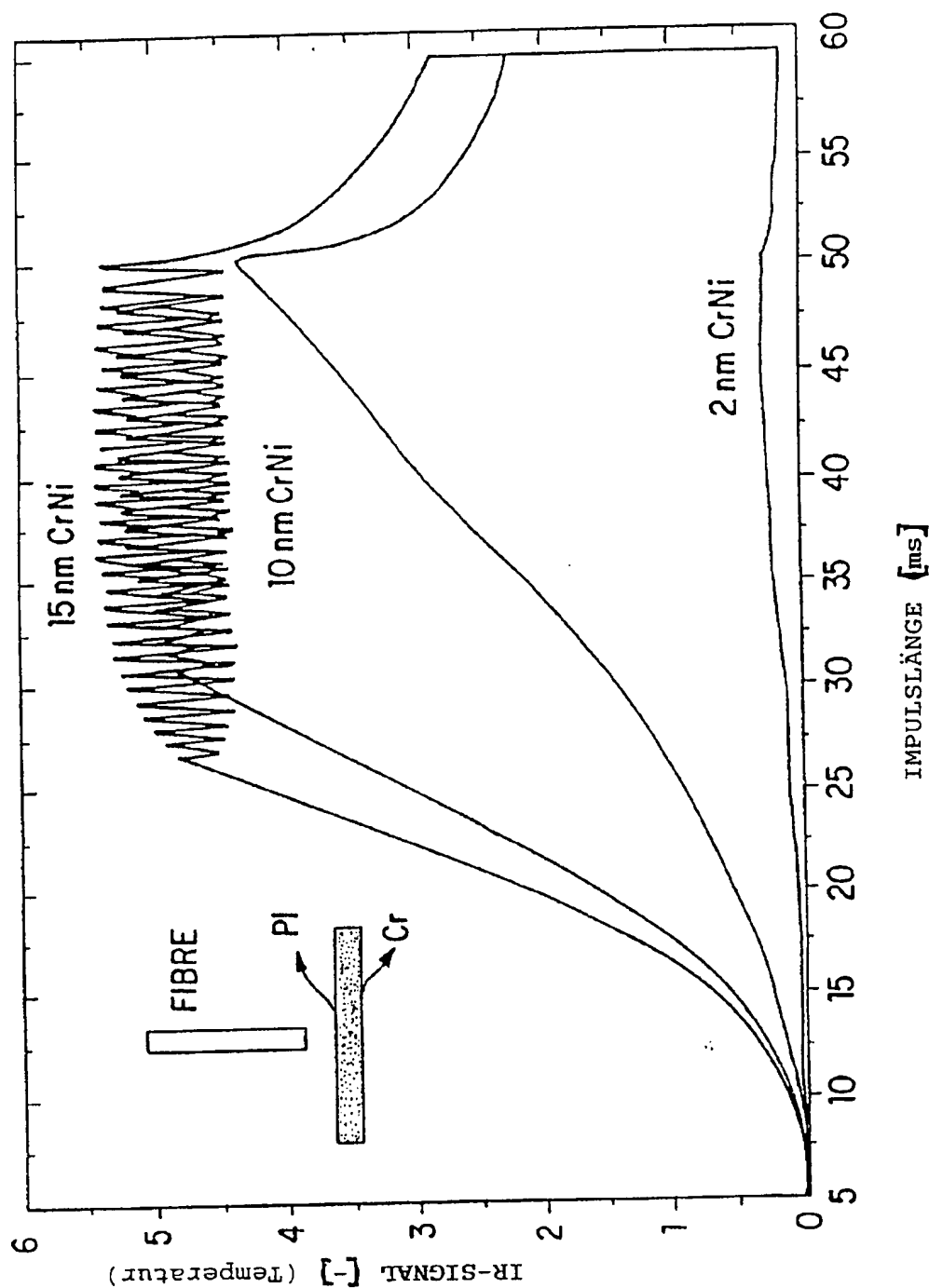
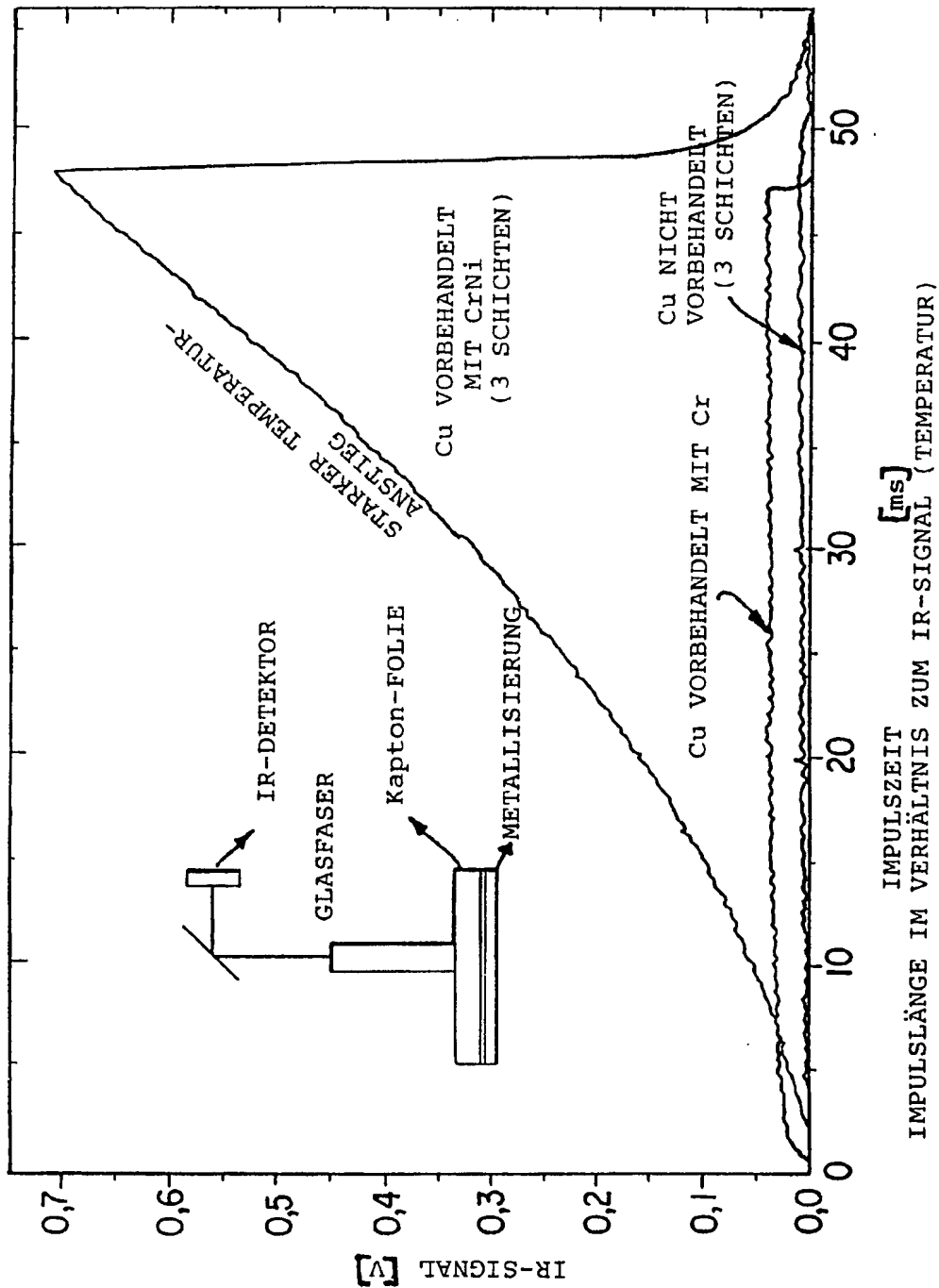


FIG.15



IMPULSZEIT [ms]
IMPULSLÄNGE IM VERHÄLTNIS ZUM IR-SIGNAL (TEMPERATUR)

FIG.16

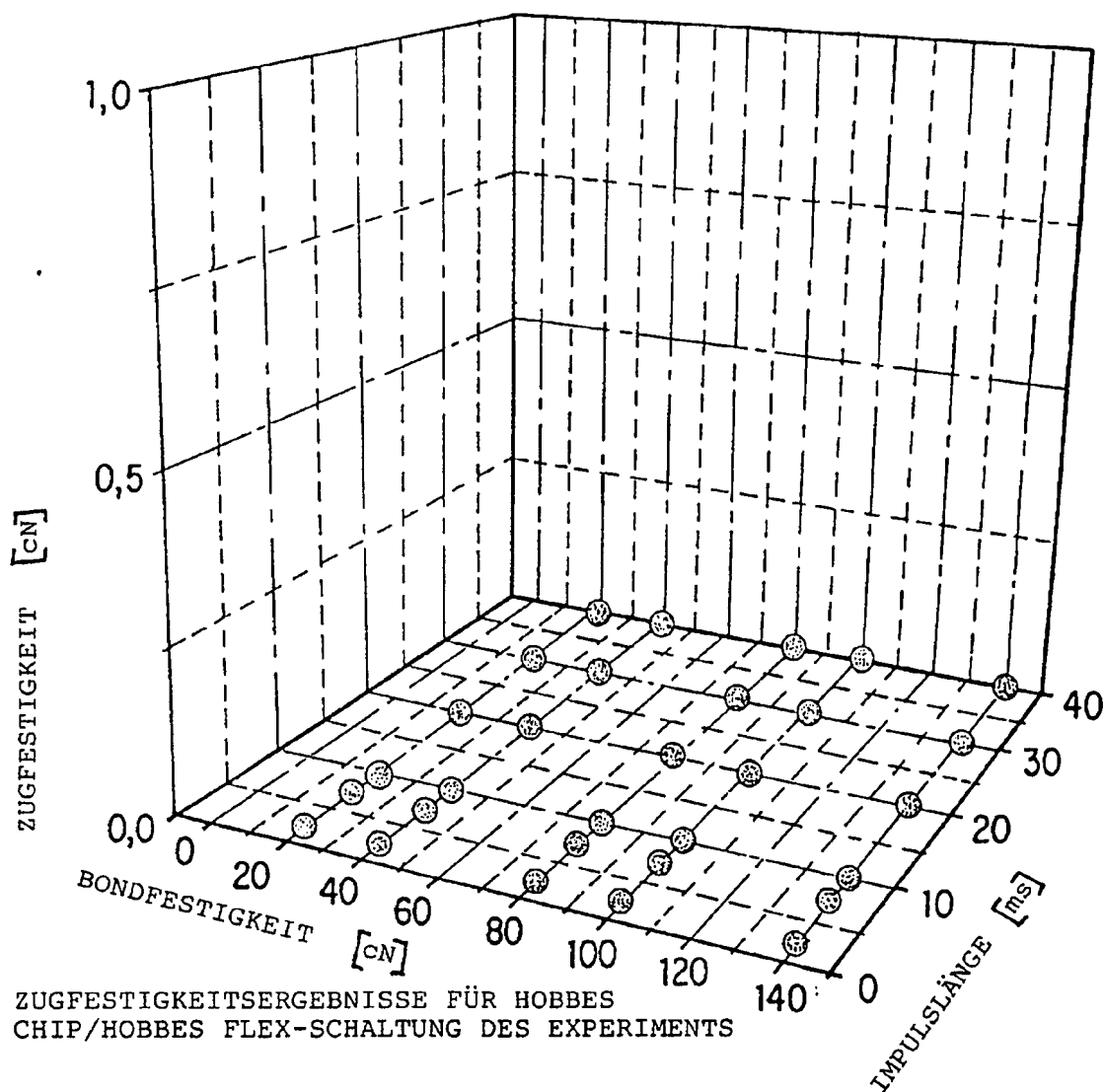


FIG.17